



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN URBANISMO
INSTITUTO DE INGENIERÍA – UNAM

***El Análisis de Ciclo de Vida como herramienta de planificación territorial
empleando las Matrices Insumo – Producto aplicado a la
Vivienda de Interés Social construida en México durante el 2000 -2012.***

Tesis para optar al grado de:

DOCTORA EN URBANISMO

Presenta:

M. EN ARQ. CAROLINA INGRID BETANCOURT QUIROGA

Comité Tutor:

Tutor: Dra. Leonor Patricia Güereca Hernández
Instituto de Ingeniería UNAM

Co- tutora: Dra. Eftychia Bournazou Marcou
Facultad de Arquitectura

Co – Tutor: Dr. Orlando Eleazar Moreno Pérez
Facultad de Estudios Superiores Acatlán

Sinodales

Dr. Alonso Aguilar Ibarra
Instituto de Investigaciones Económicas - UNAM

Dr. Fernando Palma Galván
Facultad de Estudios Superiores Acatlán

Ciudad Universitaria, Ciudad de México, agosto 2017.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Tutor

DRA. LEONOR PATRÍCIA GÜERCA HERNÁNDEZ
Instituto de Ingeniería UNAM

Co - tutores

DRA. EFTYCHIA BOURNAZOU MARCOU
Facultad de Arquitectura - UNAM

DR. ORLANDO ELEAZAR MORENO PÉREZ
Facultad de Estudios Superiores Acatlán - UNAM

Sinodales

DR. ALONSO AGUILAR IBARRA
Instituto de Investigaciones Económicas - UNAM

DR. FERNANDO PALMA GALVÁN
Facultad de Estudios Superiores Acatlán – UNAM

Dedicada a

Dios, gracias por tu infinito amor

*Juan Pablo, gracias por el amor y apoyo incondicional a traves de estos años, al lado tuyo es fácil
superar cualquier obstaculo*

Gabriela, eres luz que inspira y fortalece día a día

Mis padres, Hermanos, Sobrinos y Cuñados

Contenido

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.2	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.3	HIPÓTESIS.....	4
1.4	OBJETIVO GENERAL.....	4
1.4.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
2	MARCO TEÓRICO.....	6
2.1	PATRONES DE CRECIMIENTO URBANO Y DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS METROPOLITANAS EN MÉXICO.....	6
2.2	POLÍTICA NACIONAL DE VIVIENDA EN MÉXICO 2000 – 2012.....	7
2.2.1	SISTEMA INSTITUCIONAL DE VIVIENDA EN MÉXICO.....	8
2.2.2	MERCADO DE LA VIVIENDA EN MÉXICO	10
2.2.3	LA VIVIENDA UN SECTOR ECONÓMICO DEL PAÍS	12
2.2.4	UNIDAD DE VIVIENDA Y MATERIALES DE LA VIVIENDA	14
2.3	MARCO LEGAL	15
2.3.1	EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO.....	16
2.3.2	LEGISLACIÓN FEDERAL	17
2.3.3	LEGISLACIÓN ESTATAL.....	19
2.3.4	LEGISLACIÓN AMBIENTAL EN MÉXICO.....	20
2.3.5	LEY FEDERAL DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL	22
2.3.6	LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE	23
2.3.7	NORMATIVIDAD AMBIENTAL PARA LA VIVIENDA SOSTENIBLE EN MÉXICO.....	23
2.3.8	NORMAS INTERNACIONALES PARA EL CUIDADO AMBIENTAL	27
2.3.9	LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO.....	29
2.3.10	CAMBIO CLIMÁTICO Y HUELLA DE CARBONO.....	31
2.3.11	INVENTARIOS GEI Y HUELLAS DE CARBONO	36
2.3.12	METODOLOGÍAS DE CÁLCULO	39
2.3.13	EMISIONES DE GEI EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN.....	41
2.4	ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA COMO ENFOQUE HOLISTICO PARA EVALUAR IMPACTOS AMBIENTALES.....	41

2.4.1	ANTECEDENTES DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA.....	42
2.4.2	ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA EN MÉXICO.....	46
2.4.3	METODOLOGÍA DEL ACV.....	47
2.4.4	DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y ALCANCES.....	47
2.4.5	INVENTARIO CICLO DE VIDA.....	50
2.4.6	EVALUACIÓN DEL IMPACTO CICLO DE VIDA.....	54
2.4.7	INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA.....	63
2.4.8	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	63
2.5	MODELO INSUMO PRODUCTO.....	63
2.5.1	ANTECEDENTES DEL MODELO INSUMO PRODUCTO.....	63
2.5.2	SISTEMA DE CUENTAS NACIONALES EN MÉXICO.....	66
2.5.3	MARCO CONCEPTUAL GENERAL.....	67
2.5.4	MATRIZ DE INSUMO PRODUCTO.....	68
2.5.5	EL INSUMO - PRODUCTO Y EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA EN LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LA CONSTRUCCIÓN.....	73
3	METODOLOGÍA.....	76
3.1	CLASIFICACIÓN DE LAS ZONAS METROPOLITANAS.....	76
3.2	GEOREFERENCIACIÓN DE LOS DESARROLLOS HABITACIONALES.....	76
3.3	ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN MÉXICO 2000 – 2002 77	77
3.4	DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA.....	77
3.4.1	OBJETIVO.....	77
3.4.2	UNIDAD FUNCIONAL.....	78
3.4.3	FLUJOS DE REFERENCIA.....	78
3.5	ELABORACIÓN DEL INVENTARIO CICLO DE VIDA.....	80
3.5.1	INVENTARIO CICLO DE VIDA INSUMO - PRODUCTO PARA LAS ETAPAS EXTRACCIÓN DE MATERIALES, MANUFACTURA Y CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA.....	80
3.5.2	INVENTARIO CICLO DE VIDA FLUJOS Y PROCESOS PARA LAS ETAPAS DE USO Y FIN DE VIDA DE LA VIVIENDA.....	82
3.5.3	EVALUACIÓN DE IMPACTO DE CICLO DE VIDA.....	84
3.5.4	SOFTWARE EMPLEADO EN EL EVALUACIÓN DE CICLO DE VIDA DE LAS CATEGORÍAS DE IMPACTO.....	86
3.5.5	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	86
4	DISCUSIÓN Y RESULTADOS.....	88

4.1	GEOREFERENCIACIÓN DE LOS DESARROLLOS HABITACIONALES.....	88
4.2	INVENTARIO CICLO DE VIDA INSUMO - PRODUCTO PARA LAS ETAPAS EXTRACCIÓN DE MATERIAS PRIMAS, MANUFACTURA Y CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA	94
4.2.1	HUELLA DE CARBONO DE LA EXTRACCIÓN DE MATERIAS PRIMAS, MANUFACTURA Y CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA.....	98
4.3	INVENTARIO CICLO DE VIDA FLUJOS Y PROCESOS PARA LAS ETAPAS DE USO Y FIN DE VIDA DE LA VIVIENDA.....	100
4.3.1	HUELLA DE CARBONO DE LA ETAPA USO DE LA VIVIENDA Y FIN DE VIDA	109
4.2.	RESULTADOS DE LA HUELLA DE CARBONO CON ENFOQUE HÍBRIDO DE LAS ETAPAS DE ETAPAS EXTRACCIÓN DE MATERIALES, MANUFACTURA, CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA, USO Y FIN DE VIDA.	117
4.4	INVENTARIO DEL ACV DE LA VIS EN MÈXICO	125
4.5	RESULTADOS DE LOS IMPACTOS DE CICLO DE VIDA DE LA VIVIENDA VIS.....	126
4.5.1	CLASIFICACIÓN DE RESULTADOS DEL INVENTARIO A CATEGORÍAS DE IMPACTO..	130
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	139
5.1	HUELLA DE CARBONO	139
5.2	ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA VIVIENDA	140
5.3	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	141
6	REFERENCIAS.....	143

LISTA DE TABLA

Tabla 2-1 Sistema Institucional de Vivienda.	9
Tabla 2-2 El diseño de la vivienda económica respecto a las políticas de vivienda.....	14
Tabla 2-3 Materiales empleados en la construcción de vivienda.	15
Tabla 2-4 Antecedentes de la vivienda sostenible en México.	26
Tabla 2-5 Familia ISO 14000.	29
Tabla 2-6 Fuentes y actividades de los GEI.	35
Tabla 2-7 Metodologías para elaborar inventarios GEI y Huellas de Carbono.	40
Tabla 2-8 Evolución de ACV y desarrollo de la metodología.....	43
Tabla 2-9 Diagrama de procesos.	54
Tabla 2-10 Categorías de impacto.....	56
Tabla 2-11 Áreas de protección que analiza las categorías de impacto punto final.....	58
Tabla 2-12 Perspectivas de la Evaluación de Impacto.	63
Tabla 2-13 Transacciones Totales, en términos simbólicos (INEGI, 2013).....	69
Tabla 2-14 Coeficientes Técnicos (INEGI, 2013).....	70
Tabla 2-15 Coeficientes Totales (INEGI, 2013).....	71
Tabla 2-16 Numeración para cada nivel de agregación SCIAN.	73
Tabla 3-1 Clasificación de las Zonas Metropolitanas.	76
Tabla 3-2 Tipología de Vivienda por superficie construida.	78
Tabla 3-3 Descripción de factores de emisión por actividad considerados en este análisis para la etapa de uso de la vivienda y disposición de RCD.	84
Tabla 3-4 Categorías de impacto seleccionadas para el ACV de la VIS en México.	85
Tabla 3-5 Escenarios propuestos para comparar los materiales constructivos de la VIS.	86
Tabla 3-6 escenarios propuestos para mejorar los consumos de la VIS.	87
Tabla 3-7 Escenarios propuestos para mejorar los consumos de la VIS.	87
Tabla 4-1 Zonas Metropolitanas donde no se encontraron Desarrollos Habitacionales.....	89
Tabla 4-2 ZMM y Km recorridos diariamente en un trayecto.....	91
Tabla 4-3 Subsectores que intervienen en la construcción de VIS.	95
Tabla 4-4 Emisiones de GEI.	96
Tabla 4-5 Coeficiente de Emisión CO ₂ eq para cada uno de los subsectores de la VIS en México...	97
Tabla 4-6 . Inventario Ciclo de Vida de flujos y procesos de energía.....	101
Tabla 4-7 Inventario Ciclo de Vida de flujos y procesos Transporte automóvil y autobús.	102
Tabla 4-8 Inventario Ciclo de Vida de flujos y procesos Transporte metro y bicicleta, caminata y moto.	104
Tabla 4-9 Inventario Ciclo de Vida de flujos y procesos consumo de agua y GLP.	106
Tabla 4-10 Inventario Ciclo de Vida de flujos y procesos generación de RSF y RCD.....	107
Tabla 4-11 Emisiones en Gg de CO ₂ eq.	109
Tabla 4-12 Emisiones en Gg de CO ₂ eq.	111
Tabla 4-13 Emisiones de Gg de CO ₂ eq.	116
Tabla 4-14 Inventario de materiales del sistema constructivo block, vigueta y bovedilla.	125
Tabla 4-15 Caracterización del impacto en el ACV.....	131

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 Entidades que intervienen en el SIV.	10
Figura 2-2 Mercado habitacional en México. Fuente: Torres, 2006.	11
Figura 2-3 Organización e Integrantes del IPCC.	33
Figura 2-4 Beneficios de medir las emisiones de GEI.	37
Figura 2-5 Alcance de las emisiones de GEI.	38
Figura 2-6 Ciclo de vida de un Producto o Servicio.	42
Figura 2-7 Fases de un Análisis de Ciclo de Vida.	47
Figura 2-8 Diagrama de procesos en el Analisis de vida.	51
Figura 2-9 Elementos del impacto ambiental del ciclo de vida.	55
Figura 2-10 Clasificación del SCIAN.	72
Figura 3-1 Metodología para la elaboración de los datos base.	77
Figura 3-2 Descripción del Sistema de la VIS.	79
Figura 3-3 Sistema de vivienda de interés social y enfoques utilizados para la construcción del inventario de ciclo de vida.	80
Figura 3-4 Metodología.	81
Figura 3-5 Metodología aplicada en la elaboración de ICV.	82
Figura 4-1 Localización de los municipios donde se encuentran las ZM de México bajo análisis. ..	88
Figura 4-2 ZM pequeña – Zacatecas.	89
Figura 4-3 ZM Mediana - Saltillo.	90
Figura 4-4 ZM grande - Tijuana.	90
Figura 4-5 Km recorridos en la ZM Pequeñas.	93
Figura 4-6 Km recorridos en la ZM Medias.	93
Figura 4-7 Km recorridos en la ZM Grandes.	94
Figura 4-8 Resultados de la Matriz Insumo - Producto.	99
Figura 4-9 Emisiones GEI en CO ₂ eq.	100
Figura 4-10 Huella de Carbono en Gg de CO ₂ eq de las etapas uso de la vivienda y fin de vida ZM pequeñas y medianas.	114
Figura 4-11 Huella de Carbono en Gg de CO ₂ eq de las etapas uso de la vivienda y fin de vida ZM grandes y mega ciudades.	115
Figura 4-12 Huella de Carbono de la VIS en México.	118
Figura 4-13 Huella de Carbono de las ZM durante el 2000 – 2012.	119
Figura 4-14 Aporte en porcentaje de Gg de CO ₂ eq, para cada una de las etapas de Ciclo de Vida.	120
Figura 4-15 Huella de Carbono por Transporte.	121
Figura 4-16 Huella de Carbono por Energía.	122
Figura 4-17 Huella de Carbono por Residuos Sólidos Fermentables.	122
Figura 4-18 Huella de Carbono por Captación, Acondicionamiento, Conducción y Distribución de agua.	123
Figura 4-19 Huella de Carbono por Tratamiento de Aguas Residuales.	123
Figura 4-20 Huella de Carbono por consumo de Gas LP.	124

Figura 4-21 Huella de Carbono por Residuos de Construcción y Demolición con destino a vertedero y Residuos de Construcción y Demolición Reusó y Reciclaje.....	124
Figura 4-22 Flujograma principal Uso de la Vivienda para ACV	127
Figura 4-23 Flujograma ACV	128
Figura 4-24 Analisis ACV por peso.....	129
Figura 4-25 Caracterización del impacto.....	132
Figura 4-26 Acidificación Terrestre en las etapas del ACV de la VIS de México.....	133
Figura 4-27 Acidificación Terrestre en las etapas del ACV de la VIS de México.....	134
Figura 4-28 Eutrofización en las etapas del ACV de la VIS de México.....	134
Figura 4-29 Cambio Climático en las etapas del ACV de la VIS de México.....	135
Figura 4-30 Agotamiento Fósil en las etapas del ACV de la VIS de México.....	135
Figura 4-31 Formación de Fotooxidantes químicos en las etapas del ACV de la VIS de México. ..	136
Figura 4-32 Ocupación del Suelo Agrícola en las etapas del ACV de la VIS de México.	137
Figura 4-33 Toxicidad Humana en las etapas del ACV de la VIS de México.....	138

ACRÓNIMOS

AEAE:	Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación, A.C.
AECID:	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo
AGEB:	Áreas Geoestadísticas Básicas
AIE:	Agencia Internacional de Energía
AMACC:	Alianza Mexicana-Alemana de Cambio Climático
BID:	Banco Interamericano de Desarrollo
BM:	Banco Mundial
BRT:	Sistema de Transporte Rápido (Bus Rapid Transit)
CAMIMEX:	Cámara Minera de México
CANACEM:	Cámara Nacional del Cemento
CARBONA:	Programa Norteamericano de Carbono (North American Carbon Program)
CCA:	Comisión para la Cooperación Ambiental
CCAC:	Coalición Clima y Aire Limpio (Climate and Clean Air Coalition)
CCA-UNAM:	Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM
CCS:	Captura y Secuestro de Carbono (Carbon Capture and Storage)
CER:	Certificados de Reducción de Emisiones (Certified Emission Reduction)
CFE:	Comisión Federal de Electricidad
CMM:	Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, A.C.
CMNUCC:	Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, en inglés)
CMP:	Conferencia de las Partes en calidad de Reunión de las Partes del Protocolo de Kioto
COLMEX:	Colegio de México
COMEGEI:	Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y Captura de Gases de Efecto Invernadero

CONABIO:	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
CONACYT:	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CONAFOR:	Comisión Nacional Forestal
CONAGUA:	Comisión Nacional del Agua
CONAPO:	Consejo Nacional de Población
CONAVI:	Comisión Nacional de Vivienda
CONEVAL:	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
CONUEE:	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
COP 15:	Décima Quinta Conferencia de las Partes
COP 16:	Décima Sexta Conferencia de las Partes
COP 17:	Décima Séptima Conferencia de las Partes
CTC-REDD+:	Comité Técnico Consultivo de REDD+
CTS-EMBARQ:	Centro de Transporte Sustentable
CVCCCM:	Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México
DBO:	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DOF:	Diario Oficial de la Federación
DQO:	Demanda Química de Oxígeno
EMA:	Entidad Mexicana de Acreditación, A.C.
ENE:	Estrategia Nacional de Energía
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Food and Agriculture Organization of the United Nations)
FE:	Factor de Emisión
FI-UNAM:	Facultad de Ingeniería de la UNAM
FOVISSSTE:	Fondo de la Vivienda del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado

GLP:	Gas Licuado de Petróleo
GEF:	Fondo Mundial para el Medio Ambiente (Global Environment Facility)
GEI:	Gas de Efecto Invernadero
GIZ:	Agencia Alemana de Cooperación Internacional, por sus siglas en alemán
GMI:	Iniciativa Global de Metano (Global Methane Initiative)
GN:	Gas natural
IAI:	Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (Inter-American Institute for Global Change Research)
II-UNAM:	Instituto de Ingeniería de la UNAM
IMT:	Instituto Mexicano del Transporte
INECC:	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGEI:	Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero
INEGI:	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INFONAVIT:	Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores
INEGEI:	Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero
LEDS:	Estrategia de Crecimiento de Bajas Emisiones (Low Emission Development Strategy)
LGCC:	Ley General de Cambio Climático
LGEEPA:	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
LGPAS:	Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables
MCE:	Centro Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente
MDL:	Mecanismo para un Desarrollo Limpio
MIA:	Manifestación de Impacto Ambiental
MIP:	Matriz Insumo - Producto

MILAGRO:	Iniciativa de Megaciudad: Observaciones de Investigación Global y Local (Megacity Initiative: Local And Global Research Observations)
NAMA:	Acción Nacional Apropriada de Mitigación (Nationally Appropriate Mitigation Action)
NOM:	Norma Oficial Mexicana
OCDE O:	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
ODS:	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OMM:	Organización Meteorológica Mundial
ONU:	Organización de las Naciones Unidas
PACMUN:	Plan de Acción Climática Municipal
PAESE:	Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico
PECC:	Programa Especial de Cambio Climático
PIB:	Producto Interno Bruto
PIBN:	Producto Interno Bruto Nominal
PICC:	Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático
PINCC:	Programa de Investigación de Cambio Climático de la UNAM
PMC:	Programa Mexicano de Carbono
PND:	Plan Nacional de Desarrollo
PNUD:	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA:	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PROAIRE:	Programa para Mejorar la Calidad del Aire
PRODEFOR:	Programa de Manejo Forestal Sustentable
PROFEPA:	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
PRONASE:	Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía
PROSENER:	Programa Sectorial de Energía
PROTRAM:	Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo

PTAR:	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
PTTU:	Proyecto de Transformación del Transporte Urbano
REDD+ :	Reducción de Emisiones por Deforestación y/o Degradación Forestal
RENEOM:	Red de Estaciones Oceanográficas y Meteorológicas
RIOCC:	Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático
SAGARPA:	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SAO:	Sustancias que agotan la capa de ozono
SCT:	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SE:	Secretaría de Economía
SEDESOL:	Secretaría de Desarrollo Social
SEDS:	Sitios de Eliminación de Desechos Sólidos
SEGOB:	Secretaría de Gobernación

UNIDADES

g Gramo

Kg Kilogramo

Gg Giga Gramos

h Hora

ha Hectárea

hab Habitante

hab/km² Habitantes por kilómetro cuadrado

J Joule

km Kilómetro

km₂ Kilómetro cuadrado

km₃/año Kilómetro cúbico por año

km/l Kilómetro por litro

l Litro

m Metro

m₂ Metro cuadrado

m₃ Metro cúbico

m₃/s Metro cúbico por segundo

m₃/hab/año Metro cúbico por habitante por año

mm Milímetro

mm/año Milímetro por año

t Tonelada

W Watt

Wh Watt hora

Wh/m₂ Watt hora/metro cuadrado

PREFIJOS

E Exa = 10^{18}

P Peta = 10^{15}

T Tera = 10^{12}

G Giga = 10^9

M Mega = 10^6

K kilo = 10^3

COMPUESTOS

C Carbono

C₂F₆ Hexafluoroetano

CF₄ Tetrafluoroetano

CFC Clorofluorocarbonos

CH₄ Metano

CO Monóxido de carbono

CO₂ Bióxido de carbono

COVDM Compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano

HFC Hidrofluorocarbonos

HFC-134a Tetrafluoroetano

HFC-23 Trifluorometano

HCFC-22 Clorodifluorometano

HFC-125 Pentafluoroetano

HFC-143a Trifluoroetano

HFC-32 Difluorometano

HFC-43-10mee Decafluoropentano

HFC-152a Difluoroetano

HFC-227ea Heptafluoropropano

HFC-245ca Pentafluoropropano

N₂O Óxido nitroso

NO_x Óxidos de nitrógeno

PFC Perfluorocarbonos

SF₆ Hexafluoruro de Azufre

SO₂ Bióxido de Azufre

RESUMEN

La construcción masiva de 7, 610,258 millones de Viviendas de Interés Social en México que se fomentó durante el periodo del 2000 y 2012 para disminuir el déficit habitacional y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos no fue suficiente, ya que no se tuvieron en cuenta los factores de localización y uso de las viviendas como elementos determinantes para la configuración de ciudades equitativas y sostenibles. En este trabajo se presentan por primera vez los resultados de calcular la Huella de Carbono de una Política Publica en México bajo el enfoque de ciclo de vida; para la construcción del inventario de entradas y salidas se desarrolló un inventario híbrido que consta de un inventario Insumo – Producto para las etapas de extracción de materias primas, fabricación de insumos y construcción de la vivienda (upstreams), y un inventario de flujos y procesos para las etapas de uso y fin de vida (downstreams). Otros estudios se han enfocado en la etapa de uso y en comparaciones de tipos de vivienda, pero ninguno había contemplado todas las etapas del ciclo de vida desde la extracción de materias primas, fabricación de insumos, construcción de vivienda, uso de la vivienda y fin de vida de la construcción incluyendo la disposición de los residuos de construcción y demolición. Los resultados indican que la Huella de Carbono de la vivienda de interés social en México corresponde a 580 t de CO₂ eq por vivienda tipo de 45 m² durante la vida útil de 50 años y las emisiones totales de la vivienda construida durante este periodo son de 4.413.134,45 Gg de CO₂ eq lo cual podría representar al 15.26 % de las emisiones en 50 años.

Palabras clave: Vivienda de interés Social, Huella de Carbono, Inventario Híbrido, Insumo - Producto.

TRABAJOS QUE HA DADO LUGAR ESTA INVESTIGACIÓN

ARTÍCULOS

2017: Articulo sometido revista Cleaner Production

Cleaner Production Elsevier Editorial System(tm) for Journal of
Manuscript Draft

Manuscript Number: JCLEPRO-D-17-02852R1

Title: THE CARBON FOOTPRINT OF THE SOCIAL HOUSING POLICY IN MEXICO

Article Type: VSI:City and climate change

Corresponding Author: Dr. Leonor Patricia Guereca Hernandez, PhD

Corresponding Author's Institution: Instituto de Ingeniería Universidad Nacional Autónoma de México

First Author: Carolina I Betancourt-Quiroga, Master Degree

Order of Authors: Carolina I Betancourt-Quiroga, Master Degree; Leonor Patricia Guereca Hernandez, PhD

2016: CONTRIBUCIONES DE LA POLÍTICA DE VIVIENDA AL CAMBIO CLIMÁTICO, MÉXICO 2008. ISSN:2448-6744, Carolina Ingrid Betancourt Quiroga Leonor Patricia Güereca Hernández, Vol.3, Pag.0-0, Revistas Arbitradas,

CONGRESOS

- 2017: ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA POLÍTICA DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN MÉXICO POSTER. VII INTERNATIONAL ON LIFE CYCLE ASSESSMENT IN LATIN AMERICA CILCA 2017.Medellin - Colombia
- 2016: HUELLA DE CARBONO DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL CONSTRUIDA DURANTE EL 2000 Y 2012, Nacional, SEXTO CONGRESO NACIONAL DE SUELO URBANO, LEONOR PATRICIA GÜERECA HERNÁNDEZ, México.
- 2016: IMPACTO AMBIENTAL DEL TRANSPORTE EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE INTERES SOCIAL EN MÉXICO DURANTE EL 2000 Y 2012, Nacional, VIII Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo. CIUDAD, TERRITORIO Y PAISAJE: INVESTIGACIÓN Y PROYECTO, LEONOR PATRICIA GÜERECA HERNANDEZ, España.
- 2015: HUELLA DE CARBONO DE LA POLITICA DE VIVIENDA EN MÉXICO EN EL PERIODO 2000 - 2012, EMPLEANDO EL MÉTODO INPUT - OUTPUT, Nacional, 2° CONGRESO NACIONAL DE

VIVIENDA Y 2° CONGRESO LATINOAMERICANO DE ESTUDIOS URBANOS, LEONOR PARICIA GÜERECÁ HERNÁNDEZ, México.

- 2015: LIFE CYCLE INVENTORY OF CARBON EMISSIONS GENERATED BY THE HOUSING SECTOR IN MEXICO IN THE PERIOD 2000 - 2010, USING THE INPUT - OUTPUT METHOD, Extranjero, CONFERENCIA INTERNACIONAL DE ANÁLISIS DE CILO DE VIDA EN LATINOAMERICA, LEONOR PATRICIA GÜERECÁ HERNÁNDEZ, México.
- 2015: LIFE CYCLE INVENTORY OF THE CONSTRUCTION OF SOCIAL INTEREST HOUSING 2000 - 2012, USING INPUT OUTPUT TABLES, Extranjero, CIRCULAR ECONOMY INSPIRING SUSTAINABLE INNOVATION, LEONOR PATRICIA GÜERECÁ HERNÁNDEZ, México.
- 2013: ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DEL DISTRITO FEDERAL, EMPLEANDO LA MATRIZ INSUMO - PRODUCTO, Extranjero, CONFERENCIA INTERNACIONAL DE GEOGRAFÍA Y MEDIO AMBIENTE 2013, LEONOR PATRICIA GÜERECÁ HERNÁNDEZ, México.

1 INTRODUCCIÓN

En México se generan cambios legales a partir de los años 1990 y 2000, dos de ellos fueron la modificación al artículo 27 constitucional que transformó el sistema de tenencia de la tierra y el segundo el cambio a la Ley del Instituto Nacional del Fondo de Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), institución que funciona actualmente como una entidad bancaria facilitando los créditos hipotecarios. En consecuencia durante el 2000 y 2012 se fomenta una nueva Política Nacional de Vivienda de Interés Social.

Durante el 2000 y el 2012 como resultado de las reformas legales y constitucionales se facilitó el crecimiento de las ciudades, de forma horizontal; según el censo de población y vivienda del INEGI, (2010) la mayoría del parque habitacional del país se compone de casas independientes lo cual corresponde al 91.7% y solo se registra el 5.7% de departamentos en edificios. Las viviendas construidas durante el 2000 y 2012 fueron 7, 610,258 millones de viviendas (INEGI, 2010), lo cual corresponde al 27% de la vivienda nueva de México.

La Política Nacional de Vivienda de Interés Social de México, particularmente del 2000 al 2012 se orientó a financiar viviendas para la población en el mercado laboral formal, atendiendo las necesidades de vivienda de algunos grupos sociales, sin embargo ha repercutido de manera negativa en la gestión y ocupación del territorio, ya que la construcción de los desarrollos habitacionales se fundamentó en la compra de terrenos a bajo costo por parte de los desarrolladores privados de vivienda, alejados de los centros urbanos y de la infraestructura necesaria causando aislamiento, desarticulación de los centros urbanos y altos costos sociales y económicos para sus habitantes (Cobos, 2015).

Esta situación, se ve reflejada en el crecimiento de las ciudades y los procesos de expansión territorial que han sido potenciados por una política pública que oferta masivamente viviendas de producción horizontal, ubicada en suelo rural barato, sin servicios públicos, equipamientos ni transporte colectivo. En el 2010 la superficie urbana de las 59 Zonas Metropolitanas (CONAPO, 2012) y ciudades mayores de 50 mil habitantes abarcó 1.14 millones de hectáreas, un 600% más respecto a las 192 mil hectáreas que ocupaban en 1980.

El crecimiento acelerado de la superficie construida se debió en parte al incremento de la producción de vivienda, a partir de los programas institucionales que fortalecieron y privilegiaron la construcción de vivienda por parte de empresas privadas SARE, ARA, GEO, HOGAR, HOMEX, URBI entre otras (Maya et al. 2011).

La escasa gestión territorial agudizó los problemas del sector vivienda, entre los aspectos que se resaltan está, la ubicación distante a centros urbanos impide el fácil acceso a la infraestructura (salud, transporte, educación, trabajo), su poca interacción con los instrumentos normativos de planeación local y regional, su extensión y localización hace que se pierda la proporción con los servicios que ofrece el municipio, su diseño urbano cerrado los aísla del entorno y de la ciudad. Esta realidad genera altos costos ambientales, sociales y económicos para sus habitantes (Vassalli et al. 2009).

Los costos que se han generado según el Estudio de la Integración urbana y social en la expresión reciente de las ciudades en México 1996 -2006 (Eibenschutz et al. 2009) realizado por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) y el Programa Universitario de Estudios Metropolitanos, exponen un análisis de encuestas realizadas en diversas regiones de México, se destaca que entre sus resultados y durante el periodo de estudio el 44.5% de los habitantes encuestados en zonas periurbanas habían tenido un aumento en sus gastos en un 40% (CMM, 2015).

El informe identifica un aumento de viajes de traslado de 1.7, con una duración mayor a dos horas, en al menos el 80% de la muestra, se denota una dependencia bastante fuerte al centro de la ciudad, y demuestra la desarticulación entre la localización relativa de los desarrollos habitacionales y las necesidades de la población. Otro punto importante es como se afecta la economía local de los habitantes y la desintegración de las familias al estar empleando cuatro horas aproximadamente del día para traslados, sin contar el tiempo de trabajo o estudio (Eibenschutz et al. 2009).

Otro punto no menos importante son los gastos energéticos que la localización de la vivienda de interés social (VIS) ha generado, problemas de movilidad y transporte, consumo de combustibles fósiles, uso de recursos naturales para la producción de materiales y elementos constructivos entre otros.

La localización y el consumo energético tanto los estudios teóricos como empíricos muestran que la vivienda unifamiliar es menos eficiente que la vivienda multifamiliar. Su consumo energético se ve afectado por el transporte y las distancias recorridas, (Holden, 2001; Høyer and Holder, 2003). Si bien esta tendencia abre una discusión sobre la vivienda multifamiliar de la ciudad compacta, frente a la vivienda unifamiliar de la ciudad dispersa.

De acuerdo con el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente en 2006, la construcción y operación de edificios representa el 40% del consumo total de energía (Pérez-Lombard et al., 2008), el 40% de las materias primas que se extraen se emplean en la industria de la construcción; genera el 30% de los residuos sólidos y consume el 16% de la extracción total de agua (Burgan y Sansom, 2006) y genera alrededor de 30% de las emisiones de GEI (UNEP SBCL, 2009). En México el sector residencial en la etapa de uso aporta el 25% de las emisiones de GEI. (SENER, 2015)

A partir de lo anterior surge la necesidad de analizar y calcular las entradas y salidas del sistema de la construcción de vivienda de interés social bajo un enfoque de ciclo de vida, empleando la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) (ISO, 2006) lo cual permite analizar de manera integral y holística todas las etapas del ciclo de vida, desde la extracción de materias primas, fabricación de insumos, construcción, uso y fin de vida.

Diversos estudios han evaluado los gastos energéticos de las construcciones a través del ciclo de vida de la vivienda. Estudios como el de Gerilla et al. (2007), Schreuer et al (2003); Huberman y Pearlmutter, (2008); Blengini 2009; Ortiz et al., (2009), Marique y Reiter 2010; Verbeeck y Hens (2010) han evaluado los gastos energéticos en la etapa de uso de edificios residenciales También se han realizado trabajos de ACV en edificios de oficinas (Schreuer et al 2003; Xing et al, 2008). Otros estudios más detallados que incluyen los impactos a través del ciclo de vida de la vivienda de tres tipos (individual, semi – individual, adosada) considerando la fabricación de insumos, uso de la vivienda y demolición después de cincuenta años (Cuéllar-Franca et al, 2012) e investigaciones que

evalúan el impacto ambiental desde la etapa de producción de los materiales más comunes que se emplean en la industria de la construcción (Bribián et al, 2011, Ortiz et al, 2009, Peuportier, 2001, Scheuer, et al, 2003).

En México se han realizado estudios empleando el enfoque de ciclo de vida como el del Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente (CMM) (2014) que calculo la Huella de Carbono (HC) de la VIS en Ciudad de México comparando dos modelos, el primero vivienda intraurbana con un modelo habitacional vertical y el segundo vivienda periurbana con un modelo habitacional horizontal de baja densidad, los resultados demostraron que la vivienda periurbana horizontal tenía una HC mayor a la de la vivienda intraurbana. En este estudio se consideró las etapas de extracción de materias primas y uso con variables de urbanización, alumbrado público, mantenimiento de las vías.

También se encontró un trabajo que evalúa la HC y los impactos de las políticas públicas durante un periodo de veinticinco años (Markaki al, 2016), sin embargo, ninguno se ha enfocado a México analizando política pública.

En este contexto, este trabajo se enfoca en calcular la Huella de Carbono (HC) y los impactos ambientales que se generaron durante la Política Nacional de Vivienda de Interés Social desde el 2000 al 2012 en México a causa de la construcción masiva de VIS, empleando la metodología de ACV. Las etapas que se tuvieron en cuenta para este cálculo fueron la extracción de materias primas, fabricación de insumos, construcción de la vivienda, uso de la vivienda y fin de vida.

El Inventario Ciclo de Vida (ICV) se realiza utilizando dos modelos, el primer ICV se realiza bajo el enfoque Insumo - Producto relacionando la información de entradas y salidas de las etapas de extracción de materias primas, fabricación de insumos y construcción de la vivienda (Upstreams), el segundo ICV se elaboró bajo el enfoque de flujos y procesos en donde se relacionaron las entradas y salidas de las etapas de uso y fin de vida (Downtowns); conformando de esta manera un ICV Híbrido.

El ICV Híbrido permite determinar la HC de la Política Nacional de Vivienda de Interés Social del 2000 al 2012; y evaluar los impactos ambientales de las viviendas teniendo en cuenta las categorías de impacto seleccionadas para este estudio, y finalmente se desarrolla un análisis de sensibilidad comparando materiales constructivos, eco tecnologías de ahorro en las viviendas y disminución en los Km recorridos.

1.1 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La producción masiva de vivienda de interés social alejada de los centros urbanos, localizada en la periferia de las ciudades trae consigo implicaciones no solo económicas, sino ambientales, espaciales, sociales, culturales y políticas; dejando a un lado la construcción de ciudades incluyentes, democráticas, habitables y ambientalmente equilibradas que preserven los recursos naturales para las generaciones futuras.

Durante el 2000 al 2012 en México se construyeron 7,610,258 millones de VIS, lo cual permitió reducir los niveles de hacinamiento y de rezago habitacional, sin embargo, la localización de los desarrollos habitacionales en lo particular se realizó en terrenos rurales y/o en las periferias de las ciudades, lo cual repercutió de manera negativa en la economía de los hogares por los altos costos en transporte, que a su vez generó impactos ambientales representados en el aumento de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI).

Esta investigación es pertinente porque cuantifica las emisiones de GEI, de cada una de las etapas del ciclo de vida de la vivienda de interés social construida en México durante el periodo del 2000 al 2012, tomando en cuenta la extracción de materias primas, manufactura, construcción de la vivienda, uso y fin de vida, para identificar los impactos más relevantes durante la cadena de valor de la vivienda.

Con esta investigación se aporta al conocimiento en primer lugar el desarrollo de una metodología para la elaboración de ICV Híbridos en México, segundo, la evaluación de una Política Pública durante doce años, con el enfoque de ciclo de vida para determinar la HC y los impactos ambientales de la construcción de 7, 610, 258 millones de viviendas, finalmente se genera una base de datos construida con factores de emisión mexicanos que permite acercarnos a la realidad de las zonas metropolitanas en México con información cuantitativa que apoya a los tomadores de decisión y planificadores del territorio.

1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿La Matriz Insumo - Producto del Sistema de Cuentas Nacionales de México, proporciona información que puede ser empleada en la elaboración de un ICV de para la vivienda de interés social construida en México durante el periodo del 2000 – 2012, ¿y calcular las emisiones de GEI que se generaron en dicho periodo?

1.3 HIPÓTESIS

Las Emisiones de GEI producidas por la construcción masiva de vivienda de interés social en México del 2000 al 2012, pueden ser calculadas utilizando la Matriz Insumo – Producto del Sistema de Cuentas Nacionales de México para el desarrollo del Inventario Híbrido de Ciclo de Vida, y evaluar el aporte al cambio climático de la Política Pública de vivienda de interés social, en cada una de las etapas del ciclo de vida desde la extracción de materias primas, manufactura, construcción de la vivienda, uso y fin de vida.

1.4 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el impacto Ciclo de Vida de la VIS de México construida desde el 2000 hasta el 2012, con un enfoque de la cuna a la tumba, empleando las Matrices Insumo – Producto del Sistema de Cuentas Nacionales de México para la elaboración del ICV, y de esta manera contribuir a la planificación territorial con información validada y comprobada enfocada a la mitigación y adaptación al cambio climático de las ciudades.

1.4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular la HC bajo un enfoque híbrido, que se generó durante las etapas de extracción de materias primas, manufactura, construcción de la vivienda, uso (transporte, energía, agua, gas LP y disposición de residuos sólidos urbanos – orgánicos/fermentables) y fin de la vida útil (disposición de los residuos de construcción y demolición) de la vivienda de interés social construida durante el 2000 y 2012.
- Desarrollar una metodología empleando la Matriz Insumo – Producto (MIP) para determinar las emisiones de gases de efecto invernadero durante el ciclo de vida de la vivienda, considerando la extracción de las materias primas, fabricación de los materiales de construcción, edificación de la vivienda, uso, demolición y disposición final.
- Realizar un ACV a la VIS construida en México desde 2000 hasta el 2012, teniendo en cuenta una vida útil de 50 años para la vivienda y las etapas de extracción de materias primas, manufactura, construcción de la vivienda, uso y fin de vida.
- Desarrollar el Inventario Ciclo de Vida empleando la Matriz Insumo – Producto del Sistema de Cuentas Nacionales de México, que responda a los procesos del Ciclo de vida de la vivienda, sin emplear bases de datos europeas o estadounidenses que no muestran un panorama real de los procesos mexicanos.
- Determinar las emisiones de GEI y los impactos de ciclo de vida para conocer las etapas más contaminantes a través del Ciclo de Vida de la vivienda.
- Determinar las emisiones de GEI en la vivienda de interés social, considerando escenarios de disposición para los residuos de construcción y demolición que fomenten el reúso y reciclaje de los mismos.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 PATRONES DE CRECIMIENTO URBANO Y DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS METROPOLITANAS EN MÉXICO

La base conceptual de partida para enmarcar el desarrollo de esta investigación, parte de la comprensión de los fenómenos de transformación urbana y la reconfiguración de la ciudad. Conceptos como los de ciudad compacta y ciudad dispersa hacen parte fundamental de la discusión actual para evaluar los impactos ambientales de la compactación o crecimiento urbano.

Por un lado, la concepción de ciudad compacta, como modelo de organización espacial está regida por el factor de la proximidad y la concentración de funciones urbana. En ella se establece una mezcla e interrelación de actividades, que comparten un mismo tejido urbano, además de estar favorecidas por la densidad del espacio construido (Salingaros, 2007). Por otro lado, y en contraposición a ésta, se presenta la ciudad dispersa como modelo de urbanización espontánea, caracterizada por la poca interrelación funcional de actividades, la distancia a los centros urbanos donde se aglomeran las principales actividades de la ciudad, la fragmentación y las bajas densidades de ocupación.

Uno de los temas que domina la discusión actual sobre la transformación de los territorios contemporáneos por cuenta de los crecientes y acelerados procesos de urbanización es la dispersión de la ciudad, donde la noción del límite se desdibuja, lo desestructurado se impone, y la escala medible desaparece (Janoschka, 2002). Este modelo se muestra como sistema territorial que rebasa la forma de la concentración con sus crecientes demandas urbanas funcionales de espacio público, accesibilidad y movilidad.

El proceso de dispersión de la urbanización tuvo su origen en el modelo suburbano de vida iniciado con la generalización del automóvil. Un modelo de vida basado en el sueño americano, de una casa con uno o más coches. Sin embargo, ha sido desde finales de los años 70 del siglo pasado que ha tenido un desarrollo más acusado, resultado de la crisis de las áreas metropolitanas vinculada a lo que se ha denominado economía postfordista y que diversos autores han caracterizado como contra urbanización (Berry, 1976), rururbanización (Bauer, 1976), periurbanización (Dezert et al. 1991), desurbanización (Berg, 1982), metápolis (Asher, 1995) o ciudad difusa (Cobos, 2015). A pesar de la diversidad del desarrollo urbano, el consumo creciente de suelo, la utilización excesiva de este recurso escaso que es la tierra, es una de las constantes del proceso de urbanización del siglo XXI (Tsai 2005, Schneider et al. 2008).

La presencia dominante del sector popular de muy bajos ingresos, la ocupación irregular de los terrenos y el autoconstrucción de las viviendas, así como el continuo relleno de los territorios intersticiales dejados libres, diferencia notoria en el aspecto social a la expansión periférica latinoamericana de la europea y estadounidense, en donde dominan los sectores de ingresos medios y altos poseedores de automóviles (Cobos, 2015).

México se caracteriza por presentar a partir de 1990, un notorio crecimiento extensivo de baja densidad promedio, el cambio de patrón urbano trajo consigo modificaciones sustanciales, directas

e indirectas en las políticas urbanas y de vivienda, que han tenido efectos ambientales, sociales, económicos por la acelerada y desarticulada expansión urbana; México pasó de 37 ZM en 1990 a un total de 59 ZM en el 2012, de tener 155 delegaciones y municipios metropolitanos en 1990 a tener 345 en el 2012(SEDESOL, CONAPO e INEGI, 2012).

Este crecimiento extensivo de baja densidad en la periferia mexicana se ha caracterizado por el desarrollo de grandes conjuntos habitacionales de VIS, localizados a gran distancia del límite externo de las ciudades para obtener suelo agrario barato, generalmente de propiedad ejidal o comunal, lo cual, añadido a la ausencia de satisfactores básicos de las familias que habitan estos desarrollos habitacionales, dando lugar a los múltiples desplazamientos y claros sobre costos ambientales, económicos y sociales. En promedio, las distancias al centro de las ciudades y/o a sus bordes empezó a crecer en la segunda mitad de los años noventa y no ha dejado de hacerlo desde entonces (Eibenschutz et al. 2009; Pires, 2014).

2.2 POLÍTICA NACIONAL DE VIVIENDA EN MÉXICO 2000 – 2012

La ciudad que habitamos es el laboratorio donde instituciones, arquitectos y urbanistas han experimentado mediante la construcción física de ideas que, más o menos pensadas y estudiadas, no han tenido un factor muy alto de reversibilidad. Así, capa sobre capa se han ido haciendo y rehaciendo las ciudades. Numerosas son las disciplinas que han interactuado en la formación, desarrollo y evolución de éstas. La ciudad, por tanto, es un elemento vivo reflejo de la sociedad que lo habita.

En Europa el 80% de la población vive en ciudades; en Latinoamérica, el 70%. La diferencia radica en la elevada tasa de crecimiento de esta última y en su inequidad entre clases sociales que se acentúa progresivamente, siendo la más diferenciada del mundo según el informe de la CEPAL de 2012 (Sánchez, 2012).

La vivienda y sus condiciones precarias son actualmente uno de los problemas más graves de las ciudades latinoamericanas. La gran demanda y los pocos recursos de la población para satisfacer sus condiciones básicas hacen que estos últimos necesiten de ayuda del gobierno para emprender la construcción o el mejoramiento de sus viviendas. El problema de la vivienda no debe analizarse de manera aislada, son muchos los factores que intervienen en su desarrollo y evolución, por lo tanto, el estudio debe de ser multidisciplinario.

Varios arquitectos han dedicado su obra al estudio y búsqueda de soluciones para una vivienda enfocada a la clase social más baja, cuyos requerimientos eran limitados. Así nacieron proyectos de unidades habitacionales en los que se experimentaron los conceptos de esta nueva arquitectura dirigida a un cliente con características diferentes. La vivienda social estaba destinada a satisfacer las necesidades básicas de habitabilidad de las clases sociales con menos recursos. El pensamiento funcionalista llegó a reducir el concepto de vivienda social a vivienda mínima, y por lo tanto, a vivienda económica, lo cual implicó una reducción de la calidad del espacio y los materiales, bajando la calidad de las condiciones de habitabilidad (Sánchez, 2012).

En Latinoamérica el motivo de crecimiento de las grandes ciudades ha sido muy parecido, mas no desde el punto de vista espacial y geográfico. En el caso de México, la industrialización se produjo

en los años 30; durante la década siguiente las principales ciudades del país sufrieron consecuencias muy parecidas a las del resto de Latinoamérica. La población rural se desplazó a las ciudades y el crecimiento demográfico de la Ciudad de México se disparó hasta duplicarse.

En México la demanda habitacional creció y los primeros nuevos pobladores comenzaron a instalarse en las vecindades de la zona céntrica de la ciudad. Más tarde, debido a los cambios de gestiones en las rentas, parte de la población que pudo permitírselo comenzó a comprar terrenos en la periferia, desarrollando fraccionamientos populares. Actualmente, la población que vive en estas “colonias populares” es el 65% de la ciudad (Sánchez, 2012).

Este mismo fenómeno es el que ha llevado a las principales ciudades latinoamericanas a tener carencia de vivienda y exceso de población de escasos recursos como demandantes de ésta.

En países como Chile, Brasil o Colombia también llevan años de implementación de programas gubernamentales de vivienda social que trabajan en la mejora de sus condiciones.

Otras consecuencias, como la degradación del ambiente y el consumo exagerado de recursos naturales, la desigualdad, exclusión y agudización de la pobreza, son relevantes a la hora de un análisis profundo del proceso del crecimiento de las grandes ciudades latinoamericanas.

2.2.1 SISTEMA INSTITUCIONAL DE VIVIENDA EN MÉXICO

México es una nación con una importante historia en materia de producción de vivienda social. Desde hace 40 años se estableció un Sistema Institucional de Vivienda (SIV) basado en un modelo intervencionista de Estado. Desde entonces se tiene un robusto marco legal y normativo que regula específicamente la producción habitacional. Este sistema institucional de vivienda se transformó profundamente a partir de la década de 1990 al adoptarse un modelo facilitador que delega la promoción en el sector privado, mientras que las instituciones operan como financiadoras de créditos hipotecarios para los adquirientes de vivienda (Puebla, 2012).

El SIV está compuesto por tres instituciones, de acuerdo con su población objetivo y con sus fuentes de financiamiento:

- Organismos que atienden principalmente a los sectores medios, desde 1963 hasta el 2001 quien se encargaba de atender estos sectores era el Programa Financiero de Vivienda y del Fondo de Operación y Financiamiento Bancario a la Vivienda (FOVI), actualmente quien asume esta labor es la Sociedad Hipotecaria Federal (SHF).
- Organismos que atienden a los trabajadores asalariados de ingresos bajos y medios, los fondos de vivienda como el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), el Fondo de la Vivienda del Órgano Desconcentrado del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (FOVISSSTE), cuyo objeto es el de establecer y operar el sistema de financiamiento para el otorgamiento de los préstamos hipotecarios a los trabajadores derechohabientes del ISSSTE y el Instituto de Seguridad Social para las Fuerzas Armadas Mexicanas (FOVIMI-ISSFAM) cuya fuente de fondeo son las aportaciones patronales de 5% del salario de sus trabajadores.

- Organismos que atienden a la población de menores recursos, preferentemente no asalariada el Instituto Nacional para el Desarrollo de la Comunidad y de la Vivienda Popular (INDECO) que desaparece en 1981 y reemplazado por el después el Fideicomiso Fondo de Habitaciones Populares (FONHAPO) que financian su acción principalmente con recursos fiscales. (Tabla 2.1).

Tabla 2-1 Sistema Institucional de Vivienda.

	<p>Se constituyó en 1972 como fondo tripartita de patrones, trabajadores y Gobierno para el financiamiento de vivienda de trabajadores asalariados del sector privado, a partir de aportaciones bimestrales de los patrones, con las que se constituye una subcuenta de vivienda a nombre de cada trabajador.</p> <p>El INFONAVIT administra las aportaciones con la doble obligación de otorgar rendimientos a la subcuenta de vivienda y operar un sistema de financiamiento para los trabajadores, con la finalidad de adquirir, construir, reparar, ampliar o mejorar sus habitaciones, así como cubrir el pago de pasivos.</p>
	<p>Se integró en 1972 como un órgano desconcentrado del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE). Cada empleado público tiene una subcuenta de vivienda que administra el Fondo de la Vivienda del ISSSTE.</p> <p>El FOVISSSTE administra las aportaciones de las dependencias y entidades públicas afiliadas al ISSSTE, destinadas al otorgamiento de créditos para la adquisición, reparación, ampliación o mejoramiento de las viviendas de los trabajadores del Estado. Además, otorga créditos a los trabajadores al servicio del Estado que coordina y financia programas de vivienda con recursos propios y con la participación de entidades públicas y privadas.</p>
	<p>Constituido en 1963 inicialmente como Fondo de Operación y Financiamiento Bancario a la Vivienda (FOVI) y transformado en 2001 como Sociedad Hipotecaria Federal.</p> <p>La SHF impulsa el desarrollo de los mercados primarios y secundarios de crédito a la vivienda mediante el otorgamiento de crédito y garantías destinadas a la construcción, adquisición y mejora de vivienda - preferentemente de interés social - así como al incremento de la capacidad productiva y el desarrollo tecnológico, relacionados con la vivienda a través de intermediarios financieros.</p>
	<p>Se constituyó en 1981 como fideicomiso, sectorizado en SEDESOL. El FONHAPO atiende a la población en situación de pobreza patrimonial. Es la instancia que proporciona únicamente subsidios a través de los programas de ahorro y subsidio "Tu Casa" para personas en zonas urbanas y "Vivienda Rural" para hogares rurales e indígenas.</p> <p>Ambos programas subsidian a las personas para que adquieran, construyan y amplíen o mejoren sus viviendas en todo México.</p> <p>Se les da más prioridad a solicitantes con mayor índice de pobreza, ingresos individuales de hasta 2,5 SM o familiares de hasta 4 SM, discapacitados o con familiar discapacitado, madres solteras, jefes de familia mayores de 60 años y hogares con niños menores de 14 años.</p>
	<p>Creada en 2001 como Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda, se convirtió en 2006 en Comisión Nacional de Vivienda. Es un organismo descentralizado de utilidad pública e interés social. No está sectorizado y cuenta con personalidad, entidad jurídica y patrimonio propio.</p> <p>La CONAVI verifica que las acciones de desarrollo urbano de sectores públicos, sociales y de vivienda se conecten con buen ordenamiento territorial, que busquen un buen desarrollo sustentable y se establezca su función, así como que desarrollen programas de financiamiento para el subsidio y ahorro previo para la vivienda. También promueve la expedición de leyes a favor de la mejora en la calidad de vivienda. La Comisión considera a toda la población demandante de vivienda.</p>

El SIV fue constituido desde principios de 1970 y aunque todos los organismos que lo integran han experimentado cambios importantes, prevalece hasta nuestros días, en la Figura 2.1 se puede observar cómo es la organización actual del SIV. Los cambios que ha sufrido se han relacionado por las crisis económicas y por las orientaciones políticas del Estado mexicano, que fueron de un modelo intervencionista a otro modelo de desregulación y facilitación (Puebla, 2012).

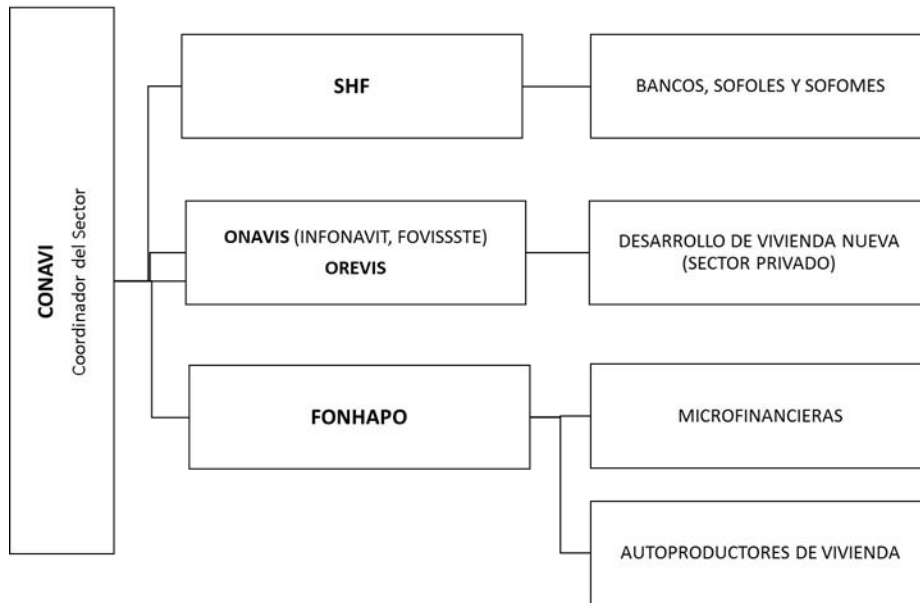


Figura 2-1 Entidades que intervienen en el SIV.

Fuente: Modificado PUEC – UNAM, 2012.

2.2.2 MERCADO DE LA VIVIENDA EN MÉXICO

En México el mercado habitacional presenta una estructura marcadamente polarizada. Por el lado de la oferta, existen dos grandes grupos de oferentes:

- Los organismos nacionales de vivienda (INFONAVITE, FOVISSSTE, FONHAPO, SHF, SOFOLES) Este grupo ofrece un financiamiento que hace posible la existencia de un sector privado de productores y promotores de vivienda compuesto por miles de pequeñas y medianas empresas y un reducido número de grandes desarrolladores que concentran el 20% de este mercado (Torres, 2006).
- Las organizaciones, individuos, familias y empresas que construyen vivienda de diversas formas, ya sea mediante los procesos de producción social de vivienda (para la población de escasos recursos) o mediante los procesos mercantiles de promotores residenciales (para la población de ingresos altos y medios).

Esta estructura de la oferta determina, a su vez, la estructura principal de la demanda habitacional en el país, que también podemos clasificar en dos grandes grupos.

- Por un lado, se encuentran los millones de trabajadores con derecho a recibir un crédito hipotecario por parte del organismo al que están afiliados, o son beneficiarios de alguna institución pública de ahorro, crédito o subsidio para la vivienda; más las personas y familias de mayores recursos que acceden al crédito hipotecario mercantil.
- Por el otro lado, existe un número aún mayor de personas y familias que resuelven por cuenta propia sus necesidades de vivienda; conforman una demanda que genera su propia oferta. En este último grupo se encuentran tanto las personas con mayores ingresos como las de menores recursos. En la figura 2.2., se resume el esquema del mercado habitacional en México.

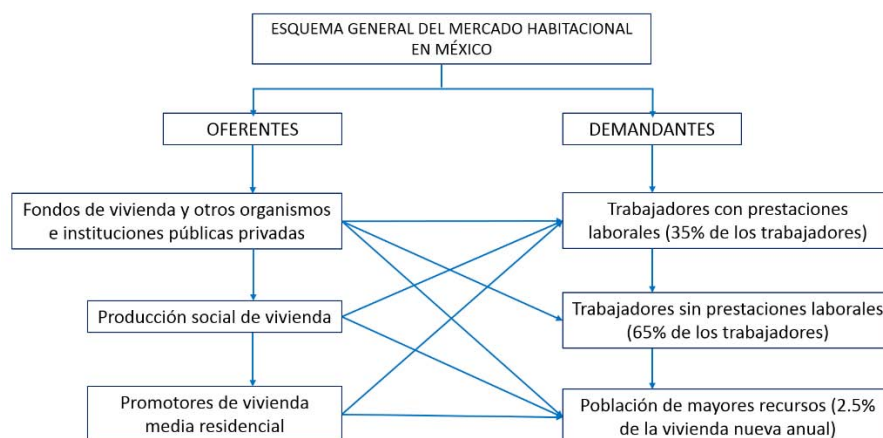


Figura 2-2 Mercado habitacional en México. Fuente: Torres, 2006.

Bajo estas características generales de la oferta y la demanda de vivienda en México, podemos clasificar los sistemas de producción habitacional en dos tipos: el institucional y el no institucional; en este último participan tanto los productores y constructores de menores ingresos que recurren a la autoconstrucción, como los constructores de vivienda residencial cuyo mercado se encuentra en los sectores de mayores ingresos, ya sea por encargo o por iniciativa propia.

Los tipos principales de vivienda que ofrecen estos dos sistemas de producción habitacional se han clasificado, a su vez, en tres grandes grupos:

- Vivienda completa nueva institucional: corresponde a los créditos otorgados por todos los organismos e instituciones, públicos y privados, en el programa de vivienda completa nueva.
- Producción social de vivienda: corresponde a las viviendas que son construidas con apoyo financiero institucional en los programas de vivienda incompleta (pie de casa y autoconstrucción) y de infraestructura (lotes con servicios), más las viviendas construidas sin apoyo financiero institucional por la población de menores recursos, tanto en el campo como en la ciudad. Su cuantificación se realiza a partir de la estadística oficial de financiamiento a la vivienda y de la información de los censos generales de población y vivienda.

- La construcción de vivienda para la población de mayores ingresos en el país, normalmente autofinanciada o financiada mediante préstamos hipotecarios de las instituciones mercantiles de crédito (Torres, 2006)

La oferta de vivienda completa nueva institucional está determinada principalmente por:

- La disponibilidad de recursos de las instituciones y los organismos públicos de vivienda (recursos que provienen mayoritariamente de las aportaciones mensuales que realizan los propios trabajadores a los fondos de vivienda), así como por las características y condiciones que se establezcan en sus reglas de operación o en sus condiciones generales de crédito.
- La política crediticia que adopten las instituciones crediticias privadas.

La oferta de la producción social de vivienda, por su parte, está determinada exclusivamente por la disponibilidad de recursos de la población, aunque está sujeta a serias dificultades de localización (de tipo urbano) y a graves carencias de apoyo técnico y financiero que son enfrentadas con estrategias organizacionales y solidarias. En la mayoría de los casos, no se ve beneficiada por las políticas urbanas y fiscales de los gobiernos locales (Torres, 2006).

Por último, la oferta de vivienda comercial para las personas y los hogares de mayores ingresos está determinada por la disponibilidad de recursos de este grupo de la población, así como por la oferta crediticia de las instituciones mercantiles de financiamiento hipotecario. Su desarrollo generalmente está asociado a la ocupación de las mejores localizaciones urbanas y suburbanas, además de contar con el apoyo pleno de las autoridades locales en la materia.

2.2.3 LA VIVIENDA UN SECTOR ECONÓMICO DEL PAÍS

La construcción de vivienda es considerada una actividad de primera importancia para el desarrollo nacional por diversas razones:

En el plano económico, porque se reconoce su impacto sobre la inversión, la producción y el empleo nacional, así como los niveles de bienestar de las familias. Es decir, se reconoce su importancia sobre el crecimiento del mercado interno y la reducción en los niveles de pobreza de la población.

En el plano político porque, por una parte, ha motivado el diseño y aplicación de políticas específicas que han fortalecido y legitimado la acción gubernamental y por la otra, ha servido como argumento para establecer compromisos político-electorales de muy diversa índole, sobre todo en las zonas urbanas del país.

En el plano social, porque la vivienda y su entorno son la expresión física de la marginación y la pobreza en que se encuentran millones de personas (también de los niveles de bienestar que ha alcanzado la población de mayores ingresos) y porque ha dado pie al surgimiento de múltiples experiencias de organización social que han aglutinado a personas y familias de muy diverso origen pero similar condición socioeconómica (amas de casa, maestros, colonos, obreros, trabajadores por cuenta propia, etc.) para atender sus necesidades comunes de vivienda.

En el plano cultural, porque constituye el sustento espacial de la sociedad mexicana actual, predominantemente urbana: las viviendas forman los barrios y colonias que dan su carácter particular a cada ciudad (Sánchez, 2012).

La importancia de la industria de la construcción radica en el efecto multiplicador que tiene sobre el resto de la economía. La dinámica de esta industria estimula otros sectores productivos como el de los materiales y los servicios.

En ese sentido, se estima que aproximadamente más de la mitad de los sectores económicos se relacionan en mayor o menor medida con la industria de la construcción y particularmente, con el subsector de la edificación que es uno de los más fuertes, cuya demanda productos-insumos influye de manera significativa en la economía nacional. Así, el sector de la construcción se relaciona con el resto de la economía integrándose al menos en tres etapas productivas, que implican la compraventa de productos-insumos, manufacturas y, propiamente, acciones de diseño y ejecución de obras.

En la primera etapa está vinculada a la industria extractiva, es decir, a la minería. En la segunda aparecen las actividades manufactureras que aportan productos como cemento, varilla, cancelería y piezas prefabricadas de cerámica y concreto entre otros. En esta etapa predominan las microempresas, aunque paradójicamente son las que menos aportan a la producción total. En contraste, los grandes establecimientos, que representan una menor proporción, producen casi 90% del total de materiales. En su mayoría se dedican a la fabricación de cemento y sus derivados. La tercera etapa está constituida por la planeación y la construcción de infraestructura, edificios, naves industriales, complejos habitacionales y casas. Por la dinámica articulada de las tres etapas es que la industria de la construcción expresa el comportamiento de la economía nacional, pues su desempeño es muy similar.

La participación de la industria de la construcción en el PIB, el cual se mantuvo más o menos estable en el periodo 2007-2009. El PIB del sector a principios de esta etapa fue de 7.1% y finalizó en 7.3% (CONOREVI, 2011). No obstante, en 2010 comenzó a desestabilizarse descendiendo a 6.4%, recuperándose ligeramente en 2011 con 6.5%. En particular el subsector de la edificación registró un PIB en esos últimos dos años de 3.6% y 3.5% respectivamente.

Dicha dinámica oscilante tuvo reflejo en el subsector de la vivienda que en 2006 ocupó a 378 773 personas, cantidad que alcanzó su punto más alto en 2007, con un registro de 396 803 personas. En los tres años subsecuentes hay una disminución como consecuencia de la crisis económica provocando una contracción en el sector. En 2008, por ejemplo, se contabilizaron sólo a 384 146 personas, en 2009 a 351 994 y en 2010 a 350 974.106 (CONOREVI, 2011). Según datos del Instituto Mexicano del Seguro Social se estima que sólo de 2007 a 2008 se perdieron 46 mil 809 empleos.

En contraste, las grandes empresas lograron sobrevivir debido a que muchas de ellas contaban con inversiones extranjeras directas de 28 países y con ello mayor capacidad financiera para absorber los déficits provocados por la crisis (Puebla, 2012).

2.2.4 UNIDAD DE VIVIENDA Y MATERIALES DE LA VIVIENDA

Un aspecto muy importante para el diseño y desarrollo de vivienda de cualquier tipo es el tamaño de la misma. Las dimensiones de cualquier construcción son determinadas por las necesidades, el presupuesto y la finalidad de cada proyecto. En el caso de la vivienda, ésta debe ser capaz de contener los espacios para las actividades esenciales de un estilo de vida particular (Zicardi y Gonzalez, 2012)

Históricamente la dimensión de la vivienda en México sucede algo característico, en los primeros años del siglo XX se presentó un incremento en sus dimensiones; sin embargo, a partir de 1980 éstas volvieron a disminuir. Son muchas las razones que pueden influir en las dimensiones de la vivienda económica, las más importantes son los precios de los predios y de la construcción, y el ingreso económico que perciben las personas a las que están destinados estos productos.

La construcción aumentará su costo debido a la inflación económica, y en el caso de los predios se considera el costo debido a la ubicación, especulación e infraestructura de un lugar. Eso provoca que se busquen lotes en zonas ubicadas en la periferia de las ciudades (zona conurbada) que, como resultado de su lejanía y falta de infraestructura, resultan muy económicos y viables para desarrollos económicos unifamiliares, pero provocan situaciones difíciles para el desarrollo de la vida diaria de los usuarios, como lo son los largos traslados y la carencia de equipamiento urbano (salud, educación, empleo, entre otros), concluyendo con el abandono de la vivienda (Puebla ,2012).

Todo lo anterior conlleva a la gran problemática que se ha venido comentando, en donde la vivienda carece de calidad en materiales y sufre la reducción de los espacios interiores, lo que podría marcar una tendencia que, de continuar, ocasionaría productos cada vez más pequeños y de menor calidad, dado el constante incremento inflacionario y los salarios mínimos que crecen a menor ritmo.

La disminución de las dimensiones de la vivienda y la ubicación de estos nuevos desarrollos detonan el crecimiento de la mancha urbana, que crece descontroladamente y sin un orden urbano en la mayoría de los casos. Además, provoca que la respuesta de los ciudadanos a la necesidad de una vivienda sea mediante el autoconstrucción, lo cual tiene otros problemas implícitos.

El desarrollo de la vivienda social podría llevarnos a cuestionar hasta dónde se puede llegar antes de buscar replantear los esquemas de vivienda unifamiliar económica en las periferias de las ciudades. En la Tabla 2.2. se muestra cómo ha variado el enfoque de vivienda económica, diseño y habitabilidad.

Tabla 2-2 El diseño de la vivienda económica respecto a las políticas de vivienda.

AÑO	ÁREA / VIVIENDA
1980	58 m ²
1990	56.6 m ²
1995	54.4 m ²
1998	50.8 m ²
2000	52.4 m ²
2005	42.4 m ²
2010	2.8 m ²

2.2.4.1 Materiales de la vivienda

Los materiales para la construcción se clasifican en naturales y procesados. Los materiales naturales más importantes por su uso en México son la grava, la arcilla, la arena y la madera, que se utilizan, principalmente, en la construcción de infraestructura carretera en infraestructura hidráulica. Con relación a los materiales procesados más utilizados se encuentran el cemento y los derivados del acero. Ambos son indispensables en la edificación de vivienda, así como lo son el tabicón, el ladrillo y las piezas cerámicas. Aunque en zonas rurales e indígenas es común la utilización del adobe y estuco, así como láminas de asbesto y madera no procesada, para construir viviendas precarias.

Los materiales más utilizados para la construcción de vivienda se pueden detallar en la tabla 2.3.

Tabla 2-3 Materiales empleados en la construcción de vivienda.

Material	Unidad
Arena	m ³
Grava	m ³
Cal Hidratada	Tonelada
Alambrón del N° 2 ¼	Tonelada
Block Concreto 10x20x40	Millar
Polín 3 1/2 x 3 1/2 x 8 ¼	Pieza
Cemento Gris	Tonelada
Concreto Premezclado Normal 2500 PSI	m ³
Varilla N° 3 3/8	Tonelada
Azulejo 15 x 15	m ²
Loseta 30 X 30	m ²

2.3 MARCO LEGAL

El marco legal de la vivienda en México está contenido en un complejo entramado de leyes y normas, planes y programas, así como de entidades y dependencias administrativas; provenientes de los tres ámbitos de gobierno; de diversa naturaleza y jerarquía; que actualmente enmarcan y regulan el quehacer habitacional y delinear las políticas que el estado mexicano se ha dado en esa materia (Puebla, 2012).

En el tema de vivienda, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, desde el año 1983, reconoce en su artículo 4º el derecho a la vivienda, al establecer que: *Toda familia tiene derecho a disfrutar de vivienda digna y decorosa. La Ley establecerá los instrumentos y apoyos necesarios a fin de alcanzar tal objetivo.*

En la Constitución Mexicana, con relación a la vivienda, además de los textos relativamente recientes anteriormente señalados se encuentra lo dispuesto en la fracción XII, del artículo 123 que dispone que:

XII. Toda empresa agrícola, industrial, minera o de cualquier otra clase de trabajo, estará obligada, según lo determinen las leyes reglamentarias a proporcionar a los trabajadores habitaciones cómodas e higiénicas.

Esta obligación se cumplirá mediante las aportaciones que las empresas hagan a un fondo nacional de la vivienda a fin de constituir depósitos en favor de sus trabajadores y establecer un sistema de financiamiento que permita otorgar a éstos crédito barato y suficiente para que adquieran en propiedad tales habitaciones.

Conforme al sistema federal de gobierno, la vivienda es un objeto de regulación coincidente o concurrente entre los poderes federales, estatales y municipales, es decir que no se trata de un tema o materia exclusiva y, por tanto, excluyente, de un ámbito de gobierno. Por ello, es jurídicamente válido que los tres órdenes participen en la regulación del fenómeno habitacional.

2.3.1 EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO

En México, el origen de la legislación sobre planeación es la ley de 1930 que ha tenido una serie de expresiones de la más diversa eficacia. Para efectos institucionales, la Ley de Planeación vigente (1983) dispone que el Plan Nacional de Desarrollo precisará los objetivos nacionales, así como la estrategia y prioridades del desarrollo integral y sustentable del país, conteniendo las previsiones sobre los recursos que serán asignados a tales fines. Igualmente determinará los instrumentos y responsables de su ejecución y los lineamientos de política de carácter global, sectorial y regional para el conjunto de la actividad económica, social y cultural, tomando en cuenta las variables ambientales que se relacionen a éstas (Puebla, 2012). Con esta base, los programas nacionales de desarrollo se formulan y aprueban cada sexenio y se constituyen como el instrumento fundamental del Sistema Nacional de Planeación Democrática, por el cual se establecen los ejes de política pública y se determinan los objetivos nacionales, las estrategias y las metas, que rigen la acción del gobierno. Cabe mencionar que la expedición y aprobación por el Ejecutivo Federal de estos planes, a pesar de su mención de nacionales, sólo tiene efectos vinculantes u obligatorios para la Administración Pública Federal.

2.3.1.1 Programa nacional de desarrollo urbano y el programa sectorial de desarrollo social 2007-2012

El Programa Nacional de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio 2001-2006: *Casa y hogar para cada quien*; una tarea contigo, fue publicado el 27 de marzo del 2002, se menciona que, de mantenerse la tendencia del crecimiento demográfico, se estimó que para el 2010 habría en el país alrededor de 30 millones de hogares, lo que resultaría en un promedio anual de 731 mil 584 unidades nuevas (CONOREVI, 2011).

Programas Nacionales de Vivienda Desde 1978, año en el que se formuló por primera vez un Programa Nacional de Vivienda, se han venido sucediendo diversos programas en la materia, tales como el Programa Nacional de Desarrollo Urbano y Vivienda 1984-1988, el Programa de Fomento y Desregulación de la Vivienda 1993-1994,76 el Programa de Vivienda 1995- 2000 y el Programa Sectorial de Vivienda 2001-2006.

El Programa Nacional de Vivienda 2007-2012: *Hacia un desarrollo habitacional sustentable*, se planteó como meta construir 6 millones de viviendas en el sexenio. Reconoció como principio rector el desarrollo humano sustentable, estableciendo como prioridad el fortalecer a la familia y propuso

el objetivo de ampliar el acceso al financiamiento de vivienda para los segmentos de la población más desfavorecidos y para emprender proyectos de construcción en un contexto de desarrollo ordenado, racional y sustentable de los asentamientos humanos (CONAVI, 2008).

2.3.2 LEGISLACIÓN FEDERAL

En México existe una amplia legislación de carácter federal que norma específicamente la materia, al igual que leyes que regulan la planificación territorial y el urbanismo, así como el ejercicio de los derechos de propiedad.

2.3.2.1 Ley de Vivienda

El 27 de junio de 2006 se publicó una Ley de Vivienda que vino a derogar la Ley Federal de Vivienda que venía regulando la materia desde el 7 de febrero de 1984. Dicha ley contiene una serie de políticas públicas expresas para regular los programas y políticas de la administración pública federal, así como para la construcción de una política nacional en la materia Tabla 2. Entre sus principales contenidos y prescripciones revisadas por el Programa Universitario de estudios sobre la Ciudad (PUEC), (2012) se encuentran:

- Crea el Sistema de Información e Indicadores de vivienda.
- Se define el concepto de vivienda digna
- Se establecen los principios de no discriminación y legalidad
- Dispone normas para la calidad y sustentabilidad de la vivienda
- Incluye el Sistema Nacional de Vivienda
- Establece un esquema de concurrencia y coordinación de autoridades
- Crea la Comisión Nacional de Vivienda
- Crea la Comisión Intersectorial de Vivienda
- Establece normas para atender la vivienda indígena y rural
- Reconocimiento a la producción social de vivienda

Con relación a la anterior Ley Federal de Vivienda, de 1984, su primer cambio y más obvio fue su denominación, al pasar de Ley Federal de Vivienda a Ley de Vivienda, expresando la intención de no limitar la nueva legislación a la esfera federal, sino pretendiendo construir una política de Estado en materia de vivienda, que tenga como eje rector garantizar el cumplimiento del mandato constitucional de que toda familia mexicana pueda disfrutar de una vivienda decorosa.

Con ello se buscan efectos amplios sobre las políticas públicas, declarando a la vivienda como área prioritaria para el desarrollo nacional, y que esta materia se constituya como una tarea de gobierno de primer orden en los términos del artículo 28 Constitucional.

La Ley de Vivienda expresó los alcances potenciales, pero también los problemas a los que se enfrenta la política habitacional mexicana. La pluralidad de elementos que la constituyen (suelo, diseño, construcción y servicios, entre otros); lo diverso de sus enfoques económico, técnico, social y jurídico; y su carácter “multisectorial” en lo administrativo y concurrente en lo normativo, implican de hecho, condiciones a considerar para articular una política de vivienda unitaria y coherente (Puebla, 2012).

2.3.2.2 Legislación Urbana

En México, las leyes relacionadas con el urbanismo, entendidas como el conjunto de normas jurídicas que regulan los procesos de uso, administración y aprovechamiento del espacio urbano, han estado presentes desde el siglo pasado, teniendo una especial significación para la vivienda. En esas disposiciones se consignan buena parte de las reglas a que se sujetan los diversos elementos del proceso habitacional: condiciones a la adquisición, uso y dominio del suelo; normas de planeación urbanística, así como de zonificación de los usos, destinos y reservas del suelo; para la habilitación e introducción de infraestructura y servicios; para el fraccionamiento y subdivisión de la propiedad y su edificación, entre otros muchos elementos (Flores, 2006).

Las reformas de 1976 a la Constitución Política a sus artículos 27, 73 y 115 dieron las bases para articular y sistematizar tales regulaciones al desarrollo urbano y la propiedad urbana. Derivado de esas bases constitucionales, hoy se cuenta con una Ley General de Asentamientos Humanos, publicada el 7 de julio de 1993.

Tal ordenamiento configura el marco general de regulación del desarrollo urbano en todo el país y, conforme al mismo, es que las 32 entidades federativas estatales han legislado en la materia desde hace más de 35 años.

2.3.2.3 Legislación Agraria

La legislación agraria ha estado vinculada con el urbanismo y la vivienda desde el triunfo de la Revolución Mexicana a principios del siglo XX. Los programas de la reforma agraria, con sus principios de restitución de tierras a las comunidades indígenas y de dotación y ampliación de ejidos a campesinos carentes de ellas, así como de combate al latifundio y protección a la pequeña propiedad, han estado presentes en las prácticas y políticas públicas relacionadas con la propiedad inmueble prácticamente hasta nuestros días (Puebla, 2012).

Entre 1988 y 1994, se llevaron a cabo dos grandes reformas legales que afectaron significativamente las políticas públicas de suelo, vivienda y desarrollo urbano, al reconfigurar el régimen jurídico de la propiedad agraria que circunda buena parte de las ciudades mexicanas y que condicionaba los procesos de incorporación de la tierra al desarrollo urbano.

En enero de 1992 se publicó la reforma constitucional al artículo 27, para dar por terminado el reparto agrario (dando fin al largo proceso de la Reforma Agraria Mexicana), así como para abrir la posibilidad de privatizar la propiedad de la tierra de ejidos y comunidades y, en complemento, al mes siguiente, se expidió una nueva legislación agraria que estableció los procedimientos para

regular el tránsito de la propiedad sujeta al régimen agrario al de dominio pleno o de propiedad privada.

Además, entre otros efectos, estas reformas provocaron la reconfiguración del sector agrario y urbano de la Administración Pública Federal (Puebla, 2012).

2.3.3 LEGISLACIÓN ESTATAL

Al igual que la legislación Federal, en los últimos 35 años se han transformado los marcos legislativos de las entidades federativas en materia de planificación urbana y habitacional.

2.3.3.1 Leyes estatales de vivienda

La Ley de Vivienda, de carácter federal, propone una serie de contenidos y elementos para establecer la participación y corresponsabilidad de los tres niveles de gobierno en la solución de los problemas habitacionales. El artículo 17 de la Ley de Vivienda determina que la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) promoverá que los gobiernos de las entidades federativas expidan sus respectivas leyes de vivienda, en donde establezcan la responsabilidad y compromiso de los gobiernos estatales y municipales en el ámbito de sus atribuciones para la solución de los problemas habitacionales de sus comunidades.

Entre las tareas que los gobiernos estatales deben asumir se encuentran las relativas a: formular y aprobar los programas estatales de vivienda; realizar la planeación, programación y presupuesto de las acciones de suelo y vivienda; apoyar a las autoridades municipales en la planeación, gestión de recursos, operación de programas y en la ejecución de acciones en materia de suelo y vivienda; promover la participación de los sectores social y privado en la instrumentación de los programas y acciones de suelo y vivienda, de conformidad con lo dispuesto en esta ley y en los demás ordenamientos legales aplicables, y, entre otras, informar a la sociedad sobre las acciones que realicen en materia de suelo y vivienda (Coulomb, 2006).

Por su parte, conforme a la ley, los municipios deberían asumir las atribuciones para: formular, aprobar y administrar los programas municipales de suelo y vivienda, así como evaluar y vigilar su cumplimiento; instrumentar mecanismos indicativos de las tendencias del desarrollo urbano y el ordenamiento territorial a mediano y largo plazo, así como realizar la planeación, Capítulo 1: Marco Normativo del Sector. Programa Nacional de Desarrollo (PND) 2007-2012. Programación y presupuesto de las acciones de suelo y vivienda en su ámbito territorial, otorgando atención preferente a la población en situación de pobreza; y, entre otras, establecer las zonas para el desarrollo habitacional.

2.3.3.2 Leyes Estatales de Desarrollo Urbano

Junto con la legislación específica vivienda, y con mayor influencia en los procesos de inversión privada relacionada con la vivienda, existen en todas las entidades federativas códigos o leyes que tienen por objeto regular la planeación urbanística y la ordenación del territorio.

Los objetivos de dicha legislación son:

- Determinar la participación y concurrencia de los gobiernos estatales y municipales en la ordenación y regulación del fenómeno urbano.
- Crear un sistema de planeación y zonificación urbana conforme al cual se dará tal ordenación.
- Regular el uso y aprovechamiento del suelo en sus diferentes jurisdicciones territoriales.

En complemento a esas leyes, existe también en la esfera local un régimen fiscal, de servicios públicos y de control del desarrollo que incide en las acciones habitacionales (Coulomb, 2006).

Con relación al sistema de planeación urbana, los procesos de elaboración de planes y programas, su posterior aplicación y las actividades de control y regulación de los procesos del crecimiento urbano tienen una gran ambigüedad y generan, además de enormes conflictos políticos, desorden para la ciudad e incertidumbre, largos trámites y excesivos costos para los promotores, propietarios e inversionistas. En materia de constitución y administración de reservas territoriales, más allá de las disposiciones constitucionales, y con algunas excepciones, se advierte poco interés de los gobiernos municipales e incluso estatales (Coulomb, 2006).

El gobierno federal ha venido impulsando la modernización de los registros públicos de la propiedad en las entidades federativas, con el fin de homologar y estandarizar los procesos de la función registral tendientes a garantizar la certeza jurídica de los derechos sobre inmuebles en todo el país.

Estas iniciativas son fundamentales para la operación del esquema financiero planteado para la vivienda por el gobierno federal en los últimos años (Puebla, 2012).

2.3.4 LEGISLACIÓN AMBIENTAL EN MÉXICO

El cumplimiento de la legislación ambiental es uno de los reclamos más importantes de la sociedad mexicana en su afán por mejorar las condiciones del medio ambiente, así como su propia calidad de vida.

Durante la segunda mitad de los años ochenta se dieron cambios importantes en la legislación ambiental mexicana, en 1986 se publicó por primera vez una ley denominada Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

En 1992 se creó la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) la cual tuvo su origen en dos sucesos, el primero, en el plano nacional se había registrado una gran explosión de una refinería de PEMEX en Guadalajara, Jalisco; el segundo motivo fue que en México se carecía de leyes ambientales.

A finales de 1994, se creó la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, teniendo por primera vez la rama Ejecutiva Federal el tema de la protección al ambiente.

- ***Derecho Ecológico***

Es un conjunto sistemático de principios y normas jurídicas, internas e internacionales, que regulan: la actividad humana en su interacción con los ecosistemas y el medio ambiente.

- ***Derecho Ambiental***

Derecho ambiental es el conjunto de normas que tienen por objeto regular las conductas que inciden directa o indirectamente en la protección, preservación, conservación, explotación y restauración de los recursos naturales bióticos y abióticos.

El derecho ambiental tiene las siguientes características: Humanista, dinámico, ético, preventivo, nacional e internacional, multidisciplinario.

En México el derecho ambiental surge como respuesta a los problemas ambientales que el desarrollo de las sociedades ha generado. Este tiene que establecer reglas que moderen el comportamiento de sus ciudadanos con el fin de proteger la naturaleza. En nuestro país el derecho a un ambiente sano está establecido en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

2.3.4.1 Ley general de equilibrio ecológico y la protección al ambiente

Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988, se distingue por ser el marco regulatorio de los Estados Unidos Mexicanos en cuestiones ambientales.

La ley cuenta con seis títulos: de disposiciones generales, de biodiversidad, de aprovechamiento sustentable de los elementos naturales, protección al medio ambiente, participación social e información ambiental, medidas de control, disposiciones y seguridad.

Artículo 1, se refiere a la preservación y restauración del equilibrio, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía, Tienen por objeto propiciar el desarrollo el desarrollo sostenible y establecer las bases para:

- Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio adecuado para su desarrollo, salud y bienestar
- Definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación
- La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente
- La preservación y protección de la biodiversidad

Artículo 2, Se consideran de utilidad pública el ordenamiento ecológico del territorio nacional en los casos previstos por esta y las demás leyes aplicables y el establecimiento, protección y preservación de las áreas naturales protegidas.

Artículo 4, La Federación, los Estados, el Distrito Federal y los municipios ejercerán sus atribuciones en materia de prevención y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

Artículo 7, Corresponden a los Estados. Formulación, conducción y evaluación de la política ambiental estatal.

Artículo 11, Administración y vigilancia de las áreas naturales protegidas, control de los residuos peligrosos.

Artículo 15, Los ecosistemas son patrimonio común de la sociedad y de su equilibrio dependerá la vida y las posibilidades productivas del país.

2.3.5 LEY FEDERAL DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL

Fue publicada en el diario oficial de la federación el 7 de junio del 2013, cuando la ley es expedida se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley general del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiental de la Ley General de Vida Silvestre, de la Ley General para la Prevención y gestión integral de los residuos, de la Ley general de Desarrollo Forestal Sustentable, de la Ley de Aguas Nacionales, del Código Penal Federal, de la Ley de Navegación y Comercio Marítimos y de la Ley General de Bienes Nacionales. Entre los artículos más representativos encontramos:

Artículo 1, Regula la responsabilidad ambiental que nace de los daños ocasionados al medio ambiental, así como la reparación de los mismos.

Artículo 7, A efecto de otorgar certidumbre e inducir a los agentes económicos a asumir los costos de los daños ocasionados al ambiente.

Artículo 10, Toda persona física o moral que con su acción u omisión ocasione directa o indirectamente un daño al ambiente, será responsable y estará obligado a la reparación de los daños.

Artículo 19, La sanción económica prevista en la presente ley, será accesoria a la reparación o compensación del daño ocasionado al ambiente y consistirá en un pago por un monto equivalente de:

- 350.000 días de salario mínimo general vigente en el Distrito Federal al momento de imponer sanción, cuando el responsable sea una persona física.
- De 3.000 a 600.000 días de salario mínimo general vigente en el Distrito Federal al momento de imponer sanción cuando la responsable sea una persona natural.

Artículo 23, La sanción económica la determinara la juez tomando en cuenta la capacidad económica de la persona responsable para realizar el pago.

Los organismos que reglan esta Ley son la PROFEPA y la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

2.3.6 LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE

Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 2000. Su objeto es establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción lo cual se establece en el Artículo 1.

De igual manera algunos de sus artículos más relevantes son:

Artículo 4, Es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre, queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación de los intereses de la Nación.

Artículo 5, El objeto de la política nacional en materia de vida silvestre y su hábitat, es su conservación mediante la protección y la exigencia de niveles óptimos de aprovechamiento sostenible, de modo que simultáneamente se logre mantener y promover la restauración de su diversidad e integridad, así como incrementar el bienestar de los habitantes del país.

Artículo 6, El diseño y la aplicación de la política nacional en materia de vida silvestre y su hábitat corresponderá, en sus respectivos ámbitos de competencia, a los Municipios, a los gobiernos de los Estados y del Distrito Federal, así como al Gobierno Federal.

Artículo 7, La concurrencia de los Municipios, de los gobiernos de los Estados y del Distrito Federal y del Gobierno Federal, en materia de vida silvestre, se establece para:

- Garantizar la unidad de propósitos y la congruencia en la acción de los distintos órdenes de gobierno, relativa a la ejecución de los lineamientos de la política nacional en materia de vida silvestre
- Desarrollar las facultades de la federación para coordinar la definición, regulación y supervisión de las acciones de conservación y de aprovechamiento sustentable de la biodiversidad que compone la vida silvestre y su hábitat
- Reconocer a los gobiernos estatales y del Distrito Federal, atribuciones para ejecutar dentro de su territorio las acciones relativas al cumplimiento de los lineamientos de la política Nacional en materia de vida silvestre y su hábitat.

2.3.7 NORMATIVIDAD AMBIENTAL PARA LA VIVIENDA SOSTENIBLE EN MÉXICO

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), es el órgano del Gobierno Federal, que lleva a cabo la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas (NOM), normas obligatorias para el ahorro de energía en los edificios, desde su diseño mismo.

Las NOM enfocadas a la edificación incluyen aislamiento térmico, sistemas pasivos tales como las protecciones solares en ventanas: aleros, partes de sol y revestimientos, así como especificaciones de áreas mínimas para tragaluces, además de las características térmicas de los materiales de construcción, como referencia, necesarios para cada clima, por localidad y el efecto de la orientación de la vivienda.

Se tienen normas relacionadas con el comportamiento térmico de los edificios, con el objetivo de limitar la ganancia de calor de las edificaciones a través de su envolvente, para racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento:

- NOM-018-ENER-1997, para caracterizar los materiales aislantes para la construcción
- Varias Normas Oficiales Mexicanas para electrodomésticos: Aires acondicionados, lavadoras, refrigeradores, lámparas, entre otros
- NOM-007-ENER-2005 y NOM-013-ENER-2004, Normas para la eficiencia energética en iluminación interior y exterior de edificios
- La norma NOM-008-ENER-2001, Eficiencia energética en edificaciones, no residenciales, vigente en algunos reglamentos de construcción
- Anteproyecto de norma NOM-020-ENER: Eficiencia energética en edificaciones Norma para la envolvente de edificios residenciales
- NADF-008-AMBT-2005, Calentamiento de agua con energía solar, para el uso obligatorio de calentadores solares de agua en un porcentaje, aplica en edificios comerciales en la ciudad de México
- NADF-013-RNAT-2007, Sistemas de Naturación de azoteas en el Distrito Federal
- NOM-007-ENER-2005 y NOM-013-ENER-2004, Normas para la eficiencia energética en iluminación interior y exterior de edificios
- NOM-008-ENER-2001, Eficiencia energética en edificaciones, no residenciales, vigente en algunos reglamentos de construcción

Cumplir con la especificación de las normas para la eficiencia energética, implica buscar el confort, considerar elementos del diseño bioclimático y materiales adecuados a cada clima, en si una norma para el diseño de edificios es la base para el edificio sostenible.

También se cuenta con las especificaciones técnicas o normas voluntarias, conocidas como NMX, entre ellas resaltamos las relacionadas con los materiales de construcción de vivienda y las que permiten contar con seguridad de los sistemas para calentamiento de agua con energía solar y actualmente se trabaja una para edificios turísticos:

- Norma Mexicana, para los sistemas constructivos de la vivienda
- NMX para eficiencia, instalación y sistemas de calentadores solares de agua

2.3.7.1 Código de vivienda sostenible

El Código de Edificación de Vivienda, que se desarrolló por la CONAVI, en el capítulo 27, que lleva por título: sustentabilidad (Morillón et al. 2008), considera los temas de energía, agua, residuos sólidos y áreas verdes, en cuanto a energía se divide en ahorro y uso eficiente de la energía, mediante especificaciones de arquitectura bioclimática, especificaciones mediante el resistencia térmica de los materiales y equipamiento de la vivienda con tecnología eficiente, así como el apartado de las energías renovables, en específico el calentamiento de agua con energía solar y la generación de energía eléctrica con paneles fotovoltaicos.

En cuanto a arquitectura bioclimáticas por regiones se especifican aspectos para el diseño urbano, tales como agrupamiento y orientación de las viviendas, manejo de los espacios exteriores, en el caso del proyecto arquitectónico, se dictan las especificaciones generales como ubicación de la vivienda en el lote, la configuración de la misma, la orientación de la fachada más larga, localización de las actividades, tipo de techo, altura del piso al techo, así como el control solar: revestimientos y salientes en la fachada, patos interiores, aleros, pórticos, balcones, vestíbulos, tragaluces, paralices, vegetación, además del manejo de la ventilación natural en forma unilateral y cruzada, las especificaciones de las ventanas, como la ubicación en la fachada según dimensión y según nivel de piso inferior, formas de abrir y requerimientos de protección, en cuanto a los materiales y sistemas constructivos se especifican las características para la techumbre, muros exteriores e interiores, pisos, color y textura de los acabados. Importante también son las especificaciones de la vegetación, tales como los árboles, arbustos y cubre suelos, por último, cuando se presenta la necesidad de equipos complementarios de climatización (Morillón, 2011).

En el tema del agua se especifica sobre la disponibilidad del recurso, como el agua potable, en cuanto a especificaciones de las redes de distribución, tomas domiciliarias, instalaciones intra domiciliarias y tecnologías para el ahorro del agua.

Sobre residuos sólidos, se especifica la separación, recolección, reciclaje, los impactos ecológicos y el aprovechamiento de la biomasa. Por último, el tema de las áreas verdes, especificando las áreas verdes de los desarrollos en cuanto fomento y mejora de las mismas, especies referentes, especificaciones del banqueo y la plantación.

2.3.7.2 Antecedentes de la edificación sostenible en México

A lo largo de la historia son diversos adjetivos que se han tenido para la relación del edificio con el medio ambiente, y el aprovechamientos de las energías renovables, entre ellos: Arquitectura bioclimática, Arquitectura ecológica, Heliodesign, Arquitectura Solar, Arquitectura Autosuficiente, Edificios Verdes, Arquitectura sustentable, entre otros, todos adjetivos para indicar un edificios con bajo impacto ambiental, también surgen palabras y definiciones como diseño ambiental, ecodiseño, diseño natural y biodiseño entre otras. En la tabla 2.4. se puede observar un resumen sobre la edificación sostenible en México desde sus inicios en el país.

Tabla 2-4 Antecedentes de la vivienda sostenible en México.

PERIODO	CONTRIBUCIÓN
1960	Olgay (1963) propone el término Diseño Bioclimático tratando de enfatizar los vínculos y múltiples interrelaciones entre la vida y el clima en relación con el diseño, también exponen un método a través del cual el diseño arquitectónico se desarrolla respondiendo a los requerimientos climáticos específicos.
	Jáuregui (1967), trabajaba sobre la definición de los índices de desconfort por medio de la temperatura de bulbo húmedo. Entre sus trabajos que desarrolló se encuentran los relacionados con el bioclima humano y el desarrollo urbano de ciudades en el trópico, con un enfoque bioclimático.
1970	Everardo Hernández (1970), trabajaba sobre la factibilidad del aprovechamiento de la energía solar, encaminados principalmente por la climatización pasiva de viviendas de interés social. Sus contribuciones fueron hacia el uso de la energía solar en la arquitectura y vinculados con la helio arquitectura o el heliodiseño.
	Los hermanos Arias (1975) realizaron el proyecto Xochicalli, era un prototipo de una Casa Ecológica Autosuficiente, publicaron una serie de recomendaciones para el uso de ecotecnologías.
	La Dirección General de Ecología Urbana, presentó un proyecto demostrativo sobre eco técnicas para los asentamientos humanos en el trópico húmedo mexicano.
1980	En San Luis Potosí se trabajaron en proyectos y propuestas tecnológicas para vivienda autosuficiente, donde enfatizaron de forma significativa la necesidad de utilizar el clima, la tecnología y los materiales de construcción para lograr un ambiente adecuado.
	La Universidad de Guadalajara, realizaron trabajos de climatización pasiva a través del diseño, construcción y monitoreo de una vivienda.
	En 1982 se publica el libro Ecodiseño, autoría de Fernando Tudela y editado por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)-Xochimilco
	En la década de los 80, cuatro instituciones en México realizaban trabajos que contribuían de manera significativa al desarrollo de la arquitectura bioclimática; la Universidad de Colima, la Universidad Autónoma de Baja California, la UAM-Azcapotzalco y la UNAM, a través del Laboratorio de Energía Solar y el Centro de Ciencias de la Atmósfera.
	El INFONAVIT, realizó prototipos bioclimáticos en tres diferentes climas, empleando las ecotécnicas.
1990	En Guadalajara en el fraccionamiento de tipo residencial Los Guayabos en Guadalajara, consideró el diseño, materiales, tratamiento y reusó de agua.
	El Instituto Politécnico Nacional, la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura desarrolló trabajos en busca de la sostenibilidad en la vivienda.
2000	IV Congreso Latinoamericano Confort y Eficiencia Energética en la Arquitectura 2005, en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.
	Proyecto La Casa Nueva, proyecto internacional que consideraba la arquitectura bioclimática, energías renovables y eficiencia energética en las viviendas, con un proyecto piloto de 5000 vivienda, programa de la CONAVI
2005 - 2010	Se generó información con los atlas, que presenta los bioclimas de México (Morillón, 2006).

2.3.7.3 Programas para el edificio sostenible

En cuanto a los programas se presentaron los dos más grandes: La Casa Nueva/La Comunidad Nueva y la Vivienda Sustentable, ambos encabezados por el Gobierno Federal, con el principal objetivo de poner en el mercado vivienda económica, energéticamente eficiente y ecológicamente adecuada. Con la participan de la iniciativa privada (constructoras o desarrolladoras de vivienda) en los

proyectos, se identifica la necesidad de la hipoteca verde para financiar la tecnología, el diseño bioclimático, la innovación tecnológica, etc. de la vivienda de interés social, sector que ha crecido en los últimos 6 años en 3 millones y se pretende crecer con 6 millones de vivienda al 2012. Ello implica requerimientos de agua potable, electricidad, gas, etc. con el consecuente impacto ambiental que implica el uso de los recursos naturales.

Con instrumentos actuales como la normatividad, el financiamiento y la certificación de la vivienda y la edificación sustentable, Morillón (2009) por encargo del INE elabora las bases técnicas para la hipoteca verde, que permitirá promover el ahorro de energía y agua, además del aprovechamiento de las energías renovables y mejorar la calidad térmica de la vivienda, este programa es implementado por el Instituto de Fomento Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT).

El programa de la Hipoteca Verde no solo permite iniciar la vivienda sustentable, además ofrece bases para manejar regionalmente los programas, con base en las condiciones climáticas prevalecientes en México, como son: cálido-seco en el Norte, cálido húmedo en las costas (al Pacífico y al Atlántico), y templado en el centro y partes altas del país. Si se suma la superficie con condiciones de calor, representa dos terceras partes del total nacional. El verano dura entre 6 y 7 meses y el invierno máximo 3 meses; ante dicho escenario, el problema a resolver en México es el calor, dicha base se lleva a los criterios para el desarrollo habitacional sustentable de la CONAVI, los DUIS y el Código de Edificación de Vivienda, además de relacionar las iniciativas con el MDL que acomodo México sobre vivienda sustentable.

2.3.8 NORMAS INTERNACIONALES PARA EL CUIDADO AMBIENTAL

2.3.8.1 Eco -Management and Audit Sheme o Sistema Comunitario de Eco gestión y Eco auditoria.

El Eco -Management and Audit Sheme (EMAS) es un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales, es una iniciativa voluntaria de la Unión Europea diseñado para mejorar el desempeño ambiental de las empresas y otras organizaciones. EMAS está abierto a todo tipo de organizaciones que deseen mejorar su desempeño ambiental. Se extiende por todos los sectores económicos y de servicios y es aplicable en todo el mundo.

EMAS se relaciona directamente con el rendimiento de las organizaciones en la búsqueda de las herramientas adecuadas para mejorar su desempeño ambiental. Las organizaciones participantes se comprometen voluntariamente a la vez evaluar y reducir su impacto ambiental.

En el EMAS es obligatoria la evaluación ambiental si no se cuenta con un Sistema de Gestión Ambiental previamente certificado.

El ciclo de auditoría del EMAS depende del tipo de actividad que se desarrolle y para su validez debe ser verificada por un organismo acreditado, además se exige la validación de la Declaración Ambiental.

2.3.8.2 International Organization for Standardization

La International Organization for Standardization (ISO) es la encargada de promover el desarrollo de normas internacionales de fabricación y creación de productos o servicios, comercio y comunicación para todas las ramas industriales. Su función principal es la de buscar la estandarización de normas de productos y seguridad para las empresas u organizaciones públicas o privadas a nivel internacional.

ISO fue invitada a participar en la cumbre de la tierra, organizada por la Conferencia sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en junio de 1992 en Rio de Janeiro, Brasil.

Ante tal acontecimiento, ISO se compromete a crear normas ambientales internacionales, después denominadas, ISO 14000.

La primera de las normas ambientales fue la ISO 1401, está es una norma aceptada internacionalmente que establece como implementar un sistema de gestión medioambiental (SGA) eficaz que pueda ser integrados con otros requisitos de gestión.

Ayuda a las organizaciones a lograr metas ambientales y económicas; no busca cambiar las obligaciones legales de una organización.

Las Normas ISO 14001 se pueden aplicar en todo tipo de organización, en diversas condiciones geográficas, culturales y sociales; depende del compromiso de todos los niveles y funciones; permite desarrollar procedimientos eficaces para desarrollar objetivos y una política ambiental.

La meta global de la norma es dar apoyo a la protección ambiental y la prevención de contaminación en equilibrio con las necesidades socio económicas.

La adopción de ISO 14001 no garantizará por sí sola resultados ambientales óptimos, es necesario que la organización adopte nuevas tecnologías y mejores prácticas.

La ISO 14001 no incluye requisitos específicos a otros sistemas de gestión (calidad, salud ocupacional y gestión de seguridad, financiero riesgos) por esta razón se puede integrar o alinear

ISO 14001 no establece en la política requisitos para el desempeño ambiental más allá del compromiso, el cumplimiento con las leyes y reglamentos que apliquen y a la mejora continua.

Por tanto, dos organizaciones que estén realizando operaciones similares pero que tengan diferente desempeño ambiental pueden las dos estar cumpliendo con sus requisitos. En la tabla 2.5 se muestra la familia de las ISO 1400

Tabla 2-5 Familia ISO 14000.

FAMILIA ISO 14000		
Herramientas de Producción	Etiquetado ambiental	ISO 14020 Principios
		ISO 14021 Declaración fabricante
		ISO14024 Certificado Ambiental
	Análisis de Ciclo de Vida	ISO 14040 Marco
		ISO 14041 Inventario
		ISO 14042 Evaluación del Impacto
		ISO 14043 Interpretación
	Diseño Ambiental	ISO 14062
	Auditorías de SGA	ISO 14010 Principios
		ISO 14011 Procedimientos
		ISO 14012 Calificaciones
	Auditorías Ambientales en Sitio	ISO 14015 Lineamientos
	Sistemas de Gestión Ambiental	ISO 14001 Requerimientos
		ISO 14004 Lineamientos
	Cambio Climático	ISO 14064 Cuantificación, monitoreo, reporte y validación de emisiones.
		ISO 14067 Huella de Carbono

A partir del marco legal y normativo planteado anteriormente, se detecta que la evaluación de los impactos ambientales, con énfasis en lo referente a cambio climático generados por la vivienda, representa un interés común y una necesidad en México. Por lo tanto, su evaluación constituye el motivo de esta tesis y en las siguientes secciones se describe su fundamento teórico.

2.3.9 LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO

Fue Publicada en el Diario Oficial el 6 de junio del 2012. La implementación y cumplimiento de esta Ley representa, no sólo el esquema nacional para hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, sino también el compromiso mexicano de reducir las emisiones de gases y compuestos

de efecto invernadero (las emisiones), con el beneficio de posicionar al país –al mismo tiempo– hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones.

La Ley tiene como principal objetivo regular las emisiones para lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a un nivel que impida interferencias peligrosas en el sistema climático, atribuibles directas o indirectamente a la actividad humana. La primera meta es reducir para el año 2020 el 30% de las emisiones, con respecto de aquellas emitidas en 2000; y la meta siguiente es que tal reducción sea del 50% para 2050.

Artículo 1o. La presente ley es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio Nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico.

Artículo 2o. Esta ley tiene por objeto:

- Garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero;
- Regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero para lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático considerando en su caso, lo previsto por el artículo 2o. de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y demás disposiciones derivadas de la misma;
- Regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático;
- Reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos adversos del cambio climático, así como crear y fortalecer las capacidades nacionales de respuesta al fenómeno;
- Fomentar la educación, investigación, desarrollo y transferencia de tecnología e innovación y difusión en materia de adaptación y mitigación al cambio climático;
- Establecer las bases para la concertación con la sociedad, y
- Promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbono.

Artículo 13. Se crea el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático como un organismo público descentralizado de la administración pública federal, con personalidad jurídica, patrimonio propio y autonomía de gestión, sectorizado en la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, de conformidad con las disposiciones de la Ley Federal de las Entidades Paraestatales.

Artículo 14. El INECC tendrá su domicilio en la Ciudad de México, pudiendo establecer delegaciones regionales o estatales necesarias para cumplir su objeto, de acuerdo con la disponibilidad presupuestal.

Artículo 15. El INECC tiene por objeto:

- Coordinar y realizar estudios y proyectos de investigación científica o tecnológica con instituciones académicas, de investigación, públicas o privadas, nacionales o extranjeras en materia de cambio climático, protección al ambiente y preservación y restauración del equilibrio ecológico;
- Brindar apoyo técnico y científico a la secretaría para formular, conducir y evaluar la política nacional en materia de equilibrio ecológico y protección del medio ambiente;
- Promover y difundir criterios, metodologías y tecnologías para la conservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales;
- Coadyuvar en la preparación de recursos humanos calificados, a fin de atender la problemática nacional con respecto al medio ambiente y el cambio climático;
- Realizar análisis de prospectiva sectorial, y colaborar en la elaboración de estrategias, planes, programas, instrumentos y acciones relacionadas con el desarrollo sustentable, el medio ambiente y el cambio climático, incluyendo la estimación de los costos futuros asociados al cambio climático, y los beneficios derivados de las acciones para enfrentarlo;
- Evaluar el cumplimiento de los objetivos de adaptación y mitigación previstos en esta Ley, así como las metas y acciones contenidas en la Estrategia Nacional, el Programa y los programas de las entidades federativas a que se refiere este ordenamiento, y Emitir recomendaciones sobre las políticas y acciones de mitigación o adaptación al cambio climático, así como sobre las evaluaciones que en la materia realizan las dependencias de la administración pública federal centralizada y paraestatal, de las entidades federativas y de los municipios.

2.3.10 CAMBIO CLIMÁTICO Y HUELLA DE CARBONO

La Organización Meteorológica Mundial (OMM), organismo especializado de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), ha realizado estudios desde 1951 sobre la influencia que tiene el CO₂ en la atmosfera y no fue hasta principios de os años setenta, que este tema cobro importancia ante la comunidad internacional, al hacerse evidente que las concentraciones de CO₂ estaban aumentando a pasos constantes y que la temperatura de la atmosfera también. Como consecuencia de la difusión de esta información científica, en 1979 se llevó a cabo la primera Conferencia del Clima Mundial, con el objetivo de revisar los conocimientos existentes sobre el cambio y la variabilidad climática debido a causas naturales y antropogénicas y para evaluar las posibles modificaciones futuras y sus implicaciones en las actividades humanas (Martinez et al. 2006).

A la década de 1980 se le nombro como la década del invernadero, debido a las altas temperaturas globales promedio registradas y a la serie de condiciones climáticas inusuales presentadas en varias partes del mundo como sequias, inundaciones, ciclones, huracanes y tifones. Estos eventos provocaron que el tema del calentamiento global se volviera un tema en la agenda política de internacional. Fue así como en 1988, después del Congreso Mundial sobre el Clima y Desarrollo, el Consejo Gobernante del Programa de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (PNUMA) se reunió en Kenia y estableció, de manera conjunta con la OMM, un organismo intergubernamental para realizar estudios sobre calentamiento global. Este organismo se convirtió en lo que

actualmente se conoce como el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) o Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

2.3.10.1 Panel intergubernamental sobre el cambio climático

El PNUMA y la ONU establecieron el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, este grupo de expertos o realiza investigaciones ni monitoreo de datos climáticos u otros parámetros relevantes. Su tarea es evaluar exhaustivamente la información disponible, a nivel mundial, sobre todo lo relacionado con el cambio climático. También proporciona asesoramiento científico, técnico y socioeconómico a la Conferencia de la Partes (COP) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

La Estructura organizacional de IPCC se basa en que es un órgano científico – técnico intergubernamental. Todos los Estados miembros de las Naciones Unidas y de la OMM son miembros de este y de sus grupos de trabajo. Para atender el mandato de evaluar la información científica y técnica existente sobre el clima y el cambio climático, identificar y evaluar los impactos económicos y sociales del desarrollo de estrategias potenciales de respuesta a estos impactos, el Panel está dividido en tres grupos de trabajo para considerar cada uno de esos aspectos, más un equipo especial sobre inventarios nacionales de GEI (Montserrat, 2006).

1. Grupo de trabajo I, el grupo de trabajo científico lleva a cabo la evaluación de la información científica mundial disponible sobre cambio climático.
2. Grupo de trabajo II, el grupo de vulnerabilidad, impactos y adaptación, evalúa la vulnerabilidad de los sistemas naturales y socioeconómicos al cambio climático y las consecuencias negativas y positivas del cambio. Así mismo, identifica los impactos a estos sistemas y propone medidas de adaptación.
3. Grupo III, el grupo de trabajo de respuesta o mitigación, evalúa opciones para limitar las emisiones de GEI o estrategias de mitigación del cambio climático.
4. Equipo especial sobre inventarios, establecido por el IPCC en 1998, lleva a cabo el Programa sobre el Inventario Nacional de GEI.

El IPCC está conformado por un presidente, una mesa directiva o consejo, y una secretaria de apoyo, además de los grupos de trabajo y el equipo especial sobre inventarios que cuentan, cada uno, con una unidad de apoyo técnico.

Las actividades de IPCC son financiadas por un fideicomiso, manejado por la secretaria de apoyo, que recibe contribuciones de los gobiernos de la OMM y del PNUMA.

El grupo de expertos se reúne en sesiones plenarias aproximadamente una vez al año y participan representantes de gobierno. Las organizaciones no-gubernamentales e intergubernamentales son bienvenidas e calidad de observadores, durante esas reuniones se establece la estructura de IPCC y sus principios y procedimientos, el programa de trabajo, la estructura y contenido de informes y el presupuesto. La reunión plenaria también se elige al presidente, a la mesa directiva y al consejo del equipo especial sobre inventarios, se aprueban los mandatos y planes de trabajo de los grupos, y se adoptan los informes. La mesa directiva del IPCC se reúne dos o tres veces al año y ayuda al

Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo o Cumbre de la Tierra, celebrada en Río de Janeiro en junio de 1992, la nueva Convención se abrió a la firma.

Entró en vigor el 21 de marzo de 1994. Diez años más tarde, se habían adherido a la Convención 188 Estados y la Comunidad Europea. Esta adhesión prácticamente mundial hace de la Convención uno de los acuerdos ambientales internacionales con más apoyo universal.

Desde que entró en vigor, las Partes en la Convención los países que han ratificado, aceptado o aprobado el tratado o se han adherido a él, se han reunido anualmente en la Conferencia de las Partes (COP). El objetivo es impulsar y supervisar la aplicación y continuar las conversaciones sobre la forma más indicada de abordar el cambio climático. Las sucesivas decisiones adoptadas por la Conferencia de las Partes en sus respectivos períodos de sesiones constituyen ahora un conjunto detallado de normas para la aplicación práctica y eficaz de la Convención (Depledge, 2004).

No obstante, ya desde que aprobaron la Convención, los gobiernos sabían que sus disposiciones no serían suficientes para resolver el problema del cambio climático en todos sus aspectos. En la primera Conferencia de las Partes (COP 1), celebrada en Berlín a comienzos de 1995, se puso en marcha una nueva ronda de conversaciones para los países industrializados a fin de discutir sobre compromisos de forma más detallada, decisión conocida con el nombre de Mandato de Berlín.

El Protocolo de Kioto evoluciona En diciembre de 1997, tras dos años y medio de intensas negociaciones, en la COP 3 celebrada en Kioto (Japón) se aprobó una considerable ampliación de la Convención, en la que se esbozaban compromisos jurídicamente vinculantes de recorte de las emisiones.

En el Protocolo de Kioto se recogían las normas básicas, pero no se especificaban con detalle cómo deberían aplicarse. Se preveía un proceso independiente y oficial de firma y ratificación por los gobiernos nacionales antes de que pudiera entrar en vigor (CMNUCC, 2014).

Una ronda de negociaciones iniciada en Buenos Aires (Argentina) en la COP 4 en noviembre de 1998 vinculó las negociaciones sobre las normas del Protocolo con conversaciones sobre cuestiones relativas a la aplicación de financiamiento y la transferencia de tecnología. El plazo para las negociaciones en virtud del Plan de acción de Buenos Aires sería la COP 6, que se celebraría en La Haya (Países Bajos) a finales del 2000. No obstante, cuando llegó ese momento, la complejidad de las cuestiones políticas en juego provocó un punto muerto en las negociaciones.

Éstas continuaron cuando se reanudó la COP 6 en Bonn (Alemania), en julio de 2001. En tal ocasión, los gobiernos alcanzaron un acuerdo político -los Acuerdos de Bonn-, en que se eludían los aspectos polémicos del Plan de acción de Buenos Aires. Mientras tanto, un tercer informe del IPCC había creado un clima más propicio para las negociaciones ofreciendo las pruebas más convincentes acumuladas hasta la fecha sobre el calentamiento mundial (Depledge, 2004).

En la COP 7, celebrada pocos meses más tarde en Marrakech (Marruecos), los negociadores complementaron los Acuerdos de Bonn adoptando un amplio conjunto de decisiones, conocido con el nombre de Acuerdos de Marrakech, que incluían normas más detalladas sobre el Protocolo de Kioto y presentaba indicaciones más elaboradas para aplicar la Convención y sus normas.

2.3.10.3 Gases efecto invernadero

En la atmósfera existen una serie de gases que dejan pasar la radiación solar (luz visible) a la superficie terrestre, atrapando la radiación infrarroja (radiación térmica), que es reemitida por ésta. Si estos gases no existieran la radiación térmica escaparía al espacio. Esta retención de la radiación infrarroja es lo que se conoce como “efecto invernadero”. Los gases que influyen el balance de radiación entre la superficie terrestre y la atmósfera se conocen como radiactivamente activos o gases de efecto invernadero (GEI).

Aún en ausencia de interferencia humana el efecto invernadero está constantemente en operación. Una serie de constituyentes naturales de la atmósfera son radiactivamente activos. Los más importantes son el vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂) y las nubes, que contribuyen con aproximadamente un 90% al efecto invernadero natural, mientras que el resto se debe al ozono (O₃), metano (CH₄) y otros gases presentes naturalmente en la atmósfera. Ciertas actividades humanas, tales como la quema de combustibles fósiles, los procesos industriales y otros, son causa de emisión de GEI. Estas emisiones provocan un cambio en el balance radiactivo del sistema atmosférico de la superficie (CCHC, 2007). En la tabla 2.6 se describen las fuentes de los GEI y la actividad que los produce.

Tabla 2-6 Fuentes y actividades de los GEI.

GEI	Fuente	Actividad
Dióxido de Carbono (CO₂)	Quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural) Deforestación Cambio de uso del suelo Quema de Bosques Transporte y generación térmica Forestal Agricultura Incendios forestales	Transporte y generación térmica Forestal Agricultura Incendios forestales
Metano (CH₄)	Botaderos de basura Excrementos de animales Gas Natural Descomposición de desechos orgánicos Ganadería Petrolera	Descomposición de desechos orgánicos Ganadería Petrolera
Óxido Nitroso (N₂O)	Combustión de automóviles Fertilizantes Alimento de ganado Fertilización nitrogenada Estiércol Desechos sólidos	Transporte Agricultura Industrias Quema de desechos sólidos
Carburos Hidrofluorados (HFC) y Carbonos Perfluorados (PFC)	Sistemas de refrigeración Industria Frigorífica	Transporte Agricultura Industrias Quema de desechos sólidos
Clorofluorocarbonos (CFC)	Sistemas de refrigeración	Sector Industrial

	Plástica Aerosoles Electrónica Sector Industrial	
Hexafluoruro de Azufre (SF₆)	Aislante, eléctrico y estabilizante Interruptores eléctricos (Breakers) Transformadores Sistema interconectado de redes eléctricas Extintores de incendios	Sistemas interconectados de redes eléctricas Extintores de incendios

Fuete: Modificado de la segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático – CIIFEN, 2011.

Los GEI pueden dividirse en tres categorías:

- Los radiactivamente activos, tales como el vapor de agua, dióxido de carbono, ozono, metano, óxido nitroso (N₂O) y los clorofluorocarbonos (CFCs), que ejercen un efecto climático directo
- Los foto químicamente activos, tales como el monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) y dióxido de azufre (SO₂), que ejercen efectos climáticos indirectos a través de reacciones químicas que determinan la concentración en la atmósfera de radicales hidroxilos (OH), CH₄ y O₃
- Las emisiones de aerosoles

Las emisiones en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero INEGEI, (2015) para México, comprende las estimaciones de las emisiones por fuentes y sumideros para el periodo 1990 – 2013. Las emisiones de este inventario se contabilizan por cada GEI y también en unidades de CO₂ equivalente (CO₂ eq), las cuales se estiman al multiplicar la cantidad de emisiones de un gas de efecto invernadero por su valor de potencial de calentamiento global (CO₂ = 1, CH₄ = 28, N₂O = 280) para un horizonte de cien años (INEGEI, 2015).

2.3.11 INVENTARIOS GEI Y HUELLAS DE CARBONO

Las metodologías para medir las emisiones GEI, han sido diseñadas para tener información que permita controlar y mejorar las emisiones en los sectores clave del país, mejorando en la eficiencia del consumo por parte de la demanda; el consumo excesivo ejerce presión sobre la industria, producción de combustibles y energías, aumentando así las emisiones de GEI.

Las herramientas de información para la captura de datos cuantitativos y cualitativos (en algunos casos) también llamados inventarios de GEI, influyen en la toma de decisión para mitigar el cambio climático.

2.3.11.1 Huella de carbono

Una Huella de Carbono es el recuento de las emisiones de origen antropogénico y de sus fuentes de generación en CO₂ eq para una región, organización o empresa en un tiempo determinado, estas medidas se realizan usualmente a través del ciclo de vida de un producto, servicio, persona, vivienda, área, entre otros. Las unidades que más se emplean en la Huella de Carbono es el Kilogramo de CO₂ / 1 Kg de producto o por persona.

Los usos más comunes donde se implementa la Huella de Carbono son:

- Expresión cuantitativa del impacto hacia el calentamiento global
- Elemento de toma de decisión sobre la selección de proveedores, diseño de producto y procesos internos de gestión
- Información de soporte para los reportes o informes de sostenibilidad
- Identificación de las oportunidades de ahorro en costos
- Publicidad y mercadeo a través de la medición y comunicación de la reducción de GEI

Los Inventarios de GEI es una rendición de cuentas sobre la cantidad de GEI emitidos o eliminados hacia la atmósfera durante un período de tiempo específico, por ejemplo, un año (Secretaría Distrital de Ambiente, 2017). El alcance es definido por la organización, según sus necesidades e intereses de implementación. Las unidades más utilizadas para los inventarios de GEI son las toneladas de CO₂/ año.

Los beneficios que se obtienen por contabilizar las emisiones de GEI se puede visualizar en la figura 2.4.



Figura 2-4 Beneficios de medir las emisiones de GEI.

Las emisiones de GEI pueden ser directas o indirectas, las directas son aquellas generadas por el consumo de combustibles y refrigerantes, como por ejemplo, el uso de vehículos propios de una empresa o la energía para procesos de producción propias de una fábrica y la indirectas son las emisiones resultantes del consumo de productos y servicios suministrados por otra organización o

empresa, como por ejemplo, consumo de papel, generación de residuos, consumo de energía eléctrica adquirida, viajes en aerolíneas comerciales, entre otros.

De lo anterior se desprenden las características de las fuentes emisoras (consumos) y los alcances basados en el grado de incidencia que la entidad puede tener sobre estos. En la figura 2.5. se explican los alcances de las emisiones de GEI.

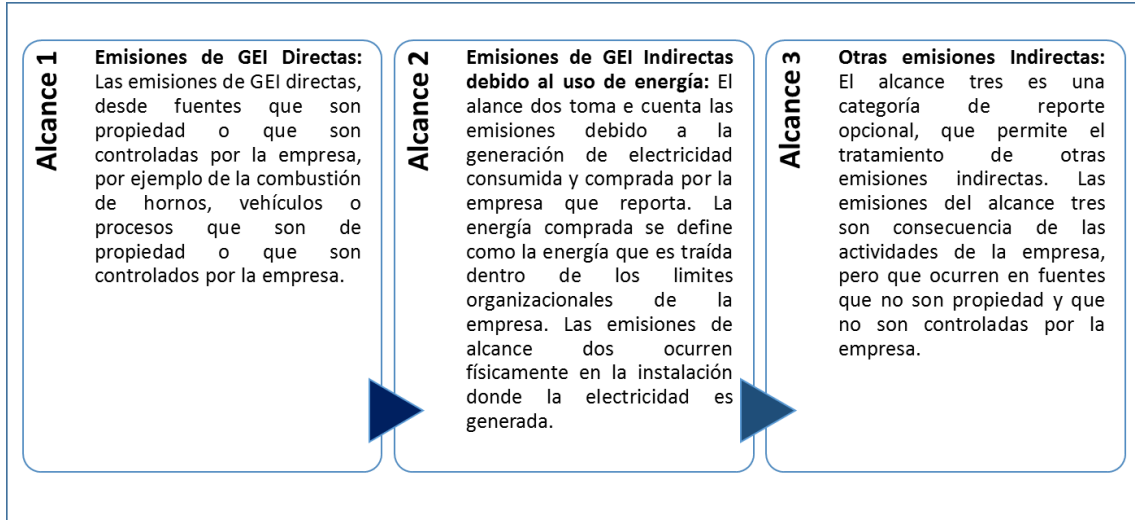


Figura 2-5 Alcance de las emisiones de GEI.

Los inventarios de GEI de las economías desarrolladas que figuran en el anexo I de la CMNUCC permiten estimar las emisiones y absorciones de GEI generadas de actividades dentro del territorio de un país, debido a las actividades de producción, desagregados en los sectores y subsectores de acuerdo con el IPCC (2006). La eficacia de las políticas y medidas aplicadas a nivel nacional para luchar contra el cambio climático se evalúan sobre la base de las tendencias de emisiones de cada país como cuenta contable de los bienes y la información complementaria presentada por los países a la Secretaría de la CMNUCC a través de las comunicaciones nacionales y otros informes relevantes.

A pesar de estos informes proporcionan información útil en relación con las cantidades de GEI emitidos a nivel nacional o sectorial, los inventarios basados en producción conducen a una comprensión incompleta de las emisiones globales de GEI asociadas a cada país en la escala mundial (Gavrilova y Vilu, 2012) y no permiten un análisis exhaustivo de los efectos de las políticas y medidas aplicadas para combatir el cambio climático. Los inventarios basados en la producción son incompletos para la investigación de: la influencia de la globalización (fuga de carbono) y el comercio internacional, el papel de los patrones de consumo y comportamientos, en qué medida la promoción de combustibles renovables menos contaminantes contribuyen a la disminución de las emisiones de GEI, en qué medida la reducción de emisiones registradas a nivel nacional o sectorial tienen un carácter permanente y están asociados con la aplicación de determinadas medidas de mitigación o pueden atribuirse una circunstancia específica como la recesión económica, los altos precios internacionales de la energía, entre otros.

Muchas de estas cuestiones podrían ser resueltas con los inventarios basados en el consumo, que asignan todas las emisiones de GEI aguas arriba de los procesos de producción a los consumidores

finales, incluyendo explícitamente las emisiones de GEI incorporados en los productos básicos y excluidas asociadas a los productos básicos exportados (Gavrilova y Vilu, 2012; Larsen y Hertwich, 2011). Este enfoque utiliza las entrada totales en un sector o subsector y construye las salida por medio del intercambio de los sectores económicos, lo cual es denominado el modelo económico Insumo – Producto y se ha aplicado con bastante frecuencia en los últimos años (Kitzes, 2013; Miller y Blair, 2009; Ostblom, 1998; Peters y Hertwich, 2006; Wiedemann, 2009; Makridakis et al. 2008) a pesar del hecho de que es altamente intensivo de datos y hay dificultades significativas en la compilación de conjuntos de datos robustos para soportar su aplicación (Druckman y Jackson, 2009).

En la industria de la construcción y los consumos de las viviendas, es la parte más significativa de la demanda final de una economía, varios estudios están aplicando el Insumo – Producto para calcular la Huella de Carbono de los hogares e investigar la dinámica de las emisiones en una economía (Andrew et al. 2009; Druckman y Jackson, 2009; Su y Ang, 2013; Papathanasopoulou, 2010). Este marco metodológico se ha implementado en todo el mundo para el análisis de los principales parámetros sociales y económicos que afectan a la evolución de las emisiones de GEI en una región o país, poniendo de relieve el papel del grado de urbanización, los ingresos de los hogares, las variables culturales, entre otras. (Ala-Mantila et al. 2014; Barrett et al. 2013; Druckman y Jackson, 2009; Fan et al. 2012; Tian et al. 2014). Además, el desarrollo de la Huellas de Carbono ha sido utilizado por varios investigadores para ampliar estrategias útiles de mitigación a nivel local (Minx et al. 2013; Shirley et al. 2012) y a nivel regional y nacional (Druckman y Jackson, 2010).

Más en general, Munksgaard et al. (2005), mostró la aplicación de las Huellas de Carbono elaboradas bajo el enfoque Insumo - Producto con el fin de obtener estimaciones más fiables de las presiones ambientales causadas por la satisfacción de las necesidades de los consumidores domésticos, así como para establecer las medidas generales de la calidad ambiental.

El Desarrollo de la Huella de Carbono proporciona una comparación válida de desempeño ambiental, ya que captura el impacto de los factores tecnológicos y sociales a través de la estructura productiva de la economía (Markaki et al. 2013; Miller y Blair, 2009; Huppel et al. 2006; Wiedmann et al. 2007). Con el fin de seleccionar entre los parámetros disponibles se desarrollan variaciones de la Huella de Carbono con modelos de regresión múltiple según sea el caso de estudio.

2.3.12 METODOLOGÍAS DE CÁLCULO

Para el cálculo de emisiones de GEI, encontramos diversas metodologías que permiten desarrollar el inventario de GEI y la Hulla de Carbono, las más importantes las relacionamos a continuación en la tabla 2.7

Tabla 2-7 Metodologías para elaborar inventarios GEI y Huellas de Carbono.

DESCRIPCIÓN	ISO 14041: 2006	ISO 14064: 2006	ISO 14067:2013	PROTOCOLO GEI	PAS 2050	IPCC	INSUMO - PRODUCTO
Uso	Inventarios de GEI	Inventarios de GEI	Huella de Carbono	Inventarios GEI	Inventarios GEI	Huella de Carbono	Huella de Carbono
Tiene en cuenta la reducción de GEI	Si	Si	No	No	Si	No	Si
Medición	Organización, producto o servicio	Organización	Producto	Organización	Producto o servicio	Organización	Mundial, Nacional y regional, local.
Alcance de la metodología	Medición y comunicación	Medición y comunicación	Medición y comunicación	Medición y comunicación	Medición	Medición y comunicación	Medición y comunicación
Información requerida	Medición de consumos directos e indirectos	Medición de consumos directos e indirectos	Mapas de procesos e inventarios de consumo	Medición de consumos directos e indirectos	Mapas de procesos e inventarios de consumo	Medición de consumos directos	Datos Insumo - Producto
Tiene en cuenta las emisiones indirectas	Energía eléctrica adquirida (alcance 2). Otras que considere la organización (alcance 3).	Energía eléctrica y calorífica adquirida	Todas las que estén relacionadas con la fabricación del producto	Energía eléctrica y calorífica adquirida (alcance 2). Otras que considere la organización (alcance 3).	Mayoría de emisiones indirectas, No mide transporte de trabajadores	Calcula sistemas cerrados	Todas las que estén relacionadas con el sector, subsector o rama industrial evaluada

2.3.13 EMISIONES DE GEI EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

El rápido crecimiento de la economía mundial y las crecientes tendencias de la población y la urbanización han levantado selvas de concreto sobre paisajes que alguna vez fueron verdes, amenazando la flora y la fauna. Los cambios sociales como la división de las familias extendidas en familias nucleares y la demanda de casas más grandes, han dado un impulso a la creciente demanda de vivienda. La superficie construida aumentó de 0,23 billones de hectáreas en 1961 a 0,44 billones de hectáreas en 2001; Un aumento del 91,3% (WWF, 2004). Una combinación de aumento de la cantidad y disminución de la calidad de las casas construidas está forzando el ecosistema global.

Teniendo en cuenta el entorno construido en todo el mundo y su ciclo de vida, la industria de la construcción es actualmente responsable de hasta 25% a 40% de uso de energía, 30% de uso de materias primas, 20% de agua y 10% de tierra. Se calcula que entre el 30% y el 40% de los GEI que se emiten a nivel mundial le corresponde al sector de la construcción, con una tasa de crecimiento de las emisiones de GEI 2,5% anual para los edificios comerciales y del 1,7% anual para los edificios residenciales (Levine et al. 2007).

Además, el sector de la construcción es responsable de importantes emisiones de GEI distintas del CO₂, como los halocarbonos, los CFC y los HFC, debido a los procesos de consumo de energía utilizados para el enfriamiento, la refrigeración y los materiales aislantes. Es probable que, si no se hace nada, las emisiones de GEI de los edificios serán más del doble en los próximos 20 años (Singh, 2012).

Según el INEGEI (2015), la manufactura y la industria de la construcción tienen el 8% y el transporte el 20.4% de un total de 709,005.3 CO₂ eq, de las emisiones totales a nivel nacional.

2.4 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA COMO ENFOQUE HOLISTICO PARA EVALUAR IMPACTOS AMBIENTALES

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV), solía recibir anteriormente otros nombres, tales como eco balances, análisis del perfil ambiental y de recursos, análisis ambiental integral, perfiles ambientales, entre otros, y se le comparaba con otras herramientas tales como evaluación del riesgo ambiental y la evaluación de impacto ambiental en cuanto al alcance.

La definición de la ISO, en su serie ISO 14040/44 – 2006 (ISO 14044, 2006), determina que el ACV es: “una técnica para estimar los aspectos ambientales y los impactos potenciales asociados con un producto, a través de: la compilación de un inventario de entradas y salidas relevantes de un sistema producto, la evaluación de los impactos ambientales potenciales asociados con estas entradas y salidas, y la interpretación de los resultados de inventario y de las etapas de evaluación del impacto en relación con los objetivos del estudio”

La Sociedad de Toxicología y Química (SETAC) define al ACV como: “El ACV es un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad. Esto se lleva a término:

- Identificando y cuantificando la energía materias utilizadas, y los residuos de todo tipo de vertidos al medio;
- Determinando el impacto de este uso de energía y materias, y de las descargas al medio;
- Evaluando e implementando prácticas de mejora ambiental”

El ACV es una metodología internacionalmente aceptada y reconocida para la evaluación de cargas e impactos ambientales asociados a la elaboración de un producto o proceso, teniendo en cuenta todas las etapas de la vida del mismo. Es una herramienta que va más allá de la decisión y consideración netamente ambiental, ya que abarca todas las entradas y salidas, directas e indirectas, lo que permite manejar todos los factores ambientales (Muscharrafie, 2011). En la figura 2.6., se puede observar el ciclo de vida de un producto o servicio.

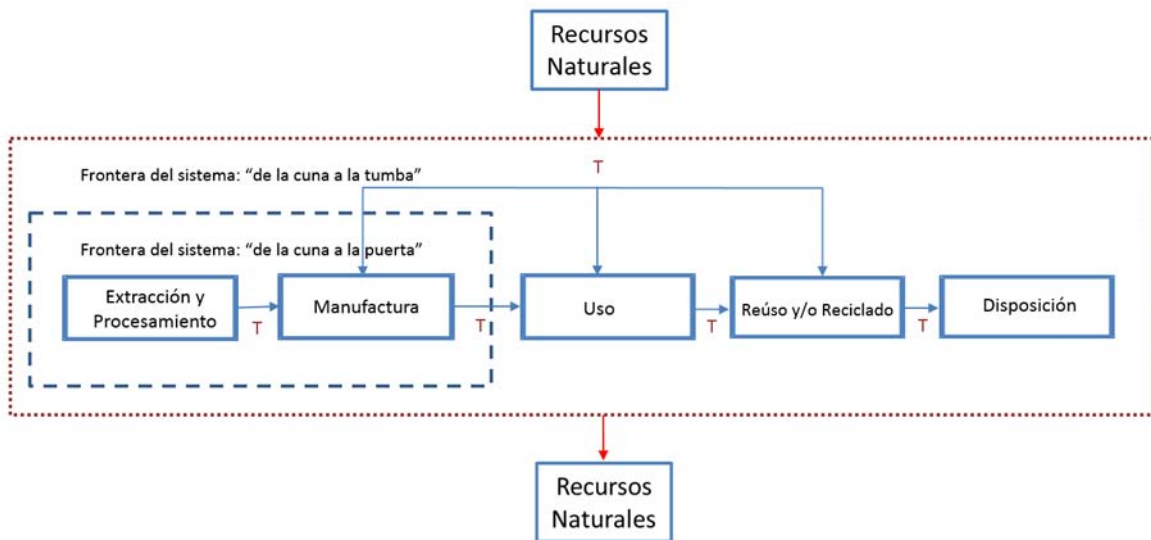


Figura 2-6 Ciclo de vida de un Producto o Servicio.

Fuente: Azapagic, 2004.

El ACV es una herramienta integral ya que considera todas las etapas del ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final, permitiendo evaluar los impactos ambientales de los productos o servicios que se analicen.

2.4.1 ANTECEDENTES DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

A partir de los años 1960 el ambiente natural comienza a ser considerado en la toma de decisiones; pero no de una forma global, sino abordando problemas ambientales específicos, con un estudios para embaces comparando el rendimiento de los materiales y la vida útil se inician algunos estudios de ACV, los cuales sirvieron como cimiento para avanzar en los enfoques y capacidades de la metodología de ACV e impulsar la investigación e innovación en el tema, convirtiendo hoy en día al

ACV en una herramienta flexible permitiendo la inclusión del enfoque ACV a nuevos espacios y ámbitos de la vida cotidiana. En la Tabla 2.8., Se puede apreciar la evolución de ACV y algunos de los momentos más importantes en el desarrollo de la metodología.

Tabla 2-8 Evolución de ACV y desarrollo de la metodología.

DÉCADA	AÑO	EVENTO
1960	1969	Estudio para Coca-Cola Co. Sobre los impactos ambientales y consumo de energía de varios tipos de envases, elaborada por MRI con metodología REPA.
1970	1970	Estudios de comparación de botellas de vidrio, PE y PVC elaborado en el marco del programa RANN de los estados
	1970	En Suecia, Tetra Pak encarga estudio de ACV de envases plásticos.
	1971	En Estados Unidos, la Universidad de Illinois y la Universidad de Stanford realizan estudios de ACV de botellas para bebidas.
	1971	Se publica el libro <i>Desing for Real World: Human Ecology and social Change</i> , escrito por P. Pananek.
	1971	En Estados Unidos, segundo REPA de MRI para Mobil Chemical Company para bandejas de plástico y cartón
	1972	Informe, <i>Los Limites del Crecimiento</i> .
	1972	Publicación del documento: <i>A Blueprint for survival</i> .
	1972	Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente Humano (Conocida también como Conferencia de Estocolmo)
	1972	USEPA encarga a MRI estudio de ACV de envases de bebidas
	1972	En el Reino Unido, el Dr. Bonifaz Oberbacher desarrolla junto con el Dr. H. Nokodem el primer protocolo para el ACV en Alemania, el Batelle - Instituto hace estudios de ACV de envases plásticos.
	1973	Se desarrolla en Estados Unidos el primer Software
	1973	En Suiza, primer Eco balance en la empresa Rocco Conserves, Elaborado por ETHZ y HSG
	1975	Se funda la firma Franklin Associates pionera en Estados Unidos y en el mundo en la elaboración de estudios de ACV
	1975 - 1988	Estados Unidos decae en el Interés del ACV
	1976	Publicación del resumen de estudio de Coca - Cola Co. En Science Magazine
	1976	USEPA publica <i>Resource and Environmental profile analysis of nine beverage container alternatives</i>
	1976	US Federal Energía Agency pone a disposición del público bases de datos y la metodología REPA
	1977	Publicación parcial del estudio de ACV de Good Year Tire & Rubber Co.
	1979	Se funda Society Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC).
	1980	1980
1985		Expedición de la Directiva 85/339 de la comunidad Europea sobre envases de alimentos líquidos que incorpora el pensamiento de ciclo de vida.

MARCO TEÓRICO

	1985	Alemania, Franklin Associates hace el estudio: Comparative energy and environmental impacts of 21 PET and refillable glass bottles used for soft drink delivery in Germany.
	1985	Suecia, ABT Tetra Pak encarga a M.P. Lundhoim y G. Sundstrom la elaboración del estudio: Resource and environmental impact of Tetra Bk carton and refillable and non-refillable glass bottles. Tetra Brik Aseptik Environmental Profile.
	1987	Informe de la Comisión Brundtland titulado: <i>Nuestro futuro común</i> .
1990	1990	En Estados Unidos, Franklin Associates elabora el estudio de ACV de pañales desechables y no desechables.
	1990	En Suecia se llevan a cabo dos proyectos sobre ACV para ver las implicaciones de aplicar esta herramienta en la industria sueca.
	1990	En Japón se crea centro de ACV.
	1990	En China se adopta ISO 14040 como norma nacional.
	1990	En Argentina se lleva a cabo una encuesta sobre ACV.
	1990	Primer Taller de la SETAC Norteamérica sobre ACV.
	1991	SETAC de Norteamérica realiza cinco talleres sobre ACV en Estados Unidos, Holanda y Portugal.
	1991	El Concejo Nórdico de Ministros inicia el programa de ACV.
	1991	En Canadá la empresa Alcan Aluminium participa en un estudio de ACV.
	1991	En Canadá, los fabricantes de plásticos y de acero participan en proyectos ACV.
	1991	Se expiden en Japón regulaciones sobre reciclaje.
	1992	El Centro de Eco-vida realiza un estudio de ACV de varios productos.
	1992	En Estados Unidos se elabora el informe: Tellus Packaging Study: Inventory of material and energy use and air and water emissions from the production of Packaging materials.
	1992	Se crea la Society for the promotion of LCA development - SPOLD.
	1992	En Estados Unidos Franklin Associates publica un artículo en el que se explica la metodología de ACV.
	1993	USEPA publica una guía para la etapa de inventario.
	1993	USEPA crea el Programa de Compras Verdes.
	1993	Publica en Europa de <i>LCA Sourcebook</i> , de SPOLD.
	1993	SETAC publica SETAC guidelines for life - cycle assessment: a code of practice.
	1993	Japón la agencia para las ciencias y la tecnología inicia el <i>Proyecto de Investigación de Ecomateriales</i> .
	1994	En Canadá se publican las primeras normas nacionales de ACV.
	1995	Lanzamiento del proyecto <i>Winning Acceptance</i> por parte de SPOLD.
	1995 - 2000	En Canada se publica Ecocycle.
	1995	En Canada se publica Life Cycle Management: a guide for better business decisions.
	1995	En los países nórdico se publica: The Nordic guidelines for life cycle assessment.
	1995	Nace la publicación periódica científica sobre ACV <i>International Journal of Life Cycle Assessment</i> .
	1995	Se crea la Sociedad Japonesa de ACV.
	1996	Primer número de <i>International Journal of Life Cycle Assessment</i> .

	1997	Publicación de la primera norma internacional sobre ACV, ISO 14040.
	1997	En Canada se publica Life Cycle management in Canada.
	1997	En Bélgica se lleva a cabo un proyecto de demostración sobre eco diseño.
	1997	En Bélgica se desarrolla el primer software para estudios de ACV llamado Ecoscan.
	1997	En Corea se funda la sociedad Coreana para la Evaluación del Ciclo de Vida.
	1997	En Brasil, primera publicación de ACV titulada Análisis de Ciclo de Vida de los productos: <i>Herramientas de gestión ambiental ISO 14040</i> , de José Ribamar Chenebe.
	1997	En Colombia se crean los comités técnicos del ICONTEC para la homologación a normas nacionales de las normas internacionales de la serie ISO 14000.
	1998	En Italia se publica la primera guía sobre ACV titulada Manual de operación del ACV, del profesor Vanni Badino.
	1998	En Japón, el Ministro de Agricultura, Bosque y Pesca inicia un proyecto de ACV.
	1998	En Europa se lleva a cabo un estudio de ACV para ver el grado de aplicación de esta herramienta en empresas de Alemania, Italia, Suiza y Suecia.
	1998	En Japón se inicia el proyecto nacional de ACV.
	1998	En Brasil, nace el comité brasileño de Gestión ambiental que apoyo el desarrollo de la serie ISO 14040.
	1998	En Colombia se dictan curso de ACV, por la Universidad de los Andes.
	1999	En Italia se crea la sociedad italiana para el ACV
	1999	Se contempla la política integrada al producto en el Consejo Europeo reunido en Weimar.
2000	2000	Se incrementa en el mundo la elaboración de ACV.
	2000	En Suiza se funda el Centro Suizo para Inventarios de Ciclo de Vida, el cual desarrollo la base de datos europea Ecoinvent.
	2001	En Estados Unidos se funda el Centro Americano para la Evaluación de Ciclo de Vida.
	2001	En Europa se publican dos grandes estudios sobre el estado del arte del diseño de productos sostenibles
	2001	En Tailandia, se crea la red Tailandesa de ACV.
	2001	La Comisión Europea presenta el Libro Verde sobre Política Integral al Producto.
	2002	Se lanza oficialmente en Praga la iniciativa de Ciclo de Vida de UNEP - SETAC.
	2002	En Brasil se funda la asociación Brasileña de Ciclo de Vida (ABCV)
	2003	En Canada, se realiza el primer foro canadiense de ACV
	2003	En Suecia, CPM elabora el proyecto de ACV en el sector forestal.
	2004	En Brasil, ABCV inicia el proyecto brasileño de ACV
	2005	En Colombia se imparte un curso de ACV, impartido por la Universidad de Chalmers, Suecia.
	2006	La empresa Toyota realiza un ACV del nuevo Toyota Camry.
	2006	Se publica la nueva serie de normas ISO 14040/14044
2010	2011	CILCA 2011, Coatzacoalcos, México/ Sostenibilidad corporativa
	2013	Se realiza el latinoamericano de ACV en Argentina.

	2014	Se realiza el congreso de la SETAC en Suiza.
	2015	CILCA 2015, ACV: Herramienta para la innovación en Latinoamérica, Lima, Perú
	2016	Strong Life Cycle Initiative EcoBalance Kioto, Japón
	2016	Virtual trainer: Introduction to Sustainable Consumption and Production in Asia. October 2016.
	2017	Brazilian Experts Gear Up for Life Cycle Assessment Forum, March 2017
	2017	Hotsport Analysis methodological framework and guidance, April 2017.
	2017	SETAC Europe 27th Annual Meeting, May 2017
	2017	CILCA 2017, June 2017

Fuente: Elaboración propia.

2.4.2 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA EN MÉXICO

En México el ACV inicia hace quince años con el proyecto de investigación de Análisis de Ciclo de Vida de Celdas de Combustibles, cuyos resultados se publicaron en Dante, R.C. et al. (2002) con un trabajo de investigación titulado “Life Cycle Analysis of Hydrogen Fuel: a Methodology for a strategic Approach of Decision Making”, allí se trabajaba en estrategias para la toma de decisiones, así como también iniciativas de entrenamiento del Centro Mexicano de Producción más Limpia que definió al ACV como una herramienta: que establece estrategias de mercado y que ayuda a planear las actividades de prevención para lograr una producción más limpia en la industria.

La Secretaría de Economía incluyó la importancia del ACV para el sector industrial de México, en su publicación 100 Mejores Tecnologías Inmediatas para Pequeña y Mediana Empresa (2002). A partir del año 2001, México tiene una activa participación en los grupos internacionales de revisión de la metodología, en el grupo de trabajo de revisión de los estándares ISO 14040 de ISO TC 207(SC5 WG6); participación en el foro de aplicación Ciclo de Vida en las economías miembro de la Cooperación Económica Asia – Pacífico (Asian Pacific Economic Cooperación - APEC) (Muscharrafie, 2011).

Life Cycle Initiative es un programa a nivel mundial, en donde interviene la Sociedad de Toxicología y Química (SETAC) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA); la iniciativa consiste en dar a conocer y fomentar el uso de la metodología ACV, aunado a esto se trabaja en proyectos que permitan la recopilación de bases de datos nacionales y en el desarrollo de categorías de impacto.

También es necesario mencionar que en México se cuenta con la Estrategia Nacional de Producción y Consumo Sustentables 2014 – 2018, en donde uno de sus ejes rectores es el Análisis de Ciclo de Vida como metodología que permite la construcción de indicadores de producción y consumo sustentable de la pequeña, mediana y gran empresa (PEPyCS, 2013).

2.4.3 METODOLOGÍA DEL ACV

Se considera que el Análisis de Ciclo de Vida consta de las siguientes cuatro fases (ISO 14040, 2006). En la figura 2.7 se puede observar cada una de las fases del ACV.

- Definición del objetivo y alcance
- Análisis del inventario del ciclo de vida
- Evaluación del impacto del ciclo de vida
- Interpretación del ciclo de vida

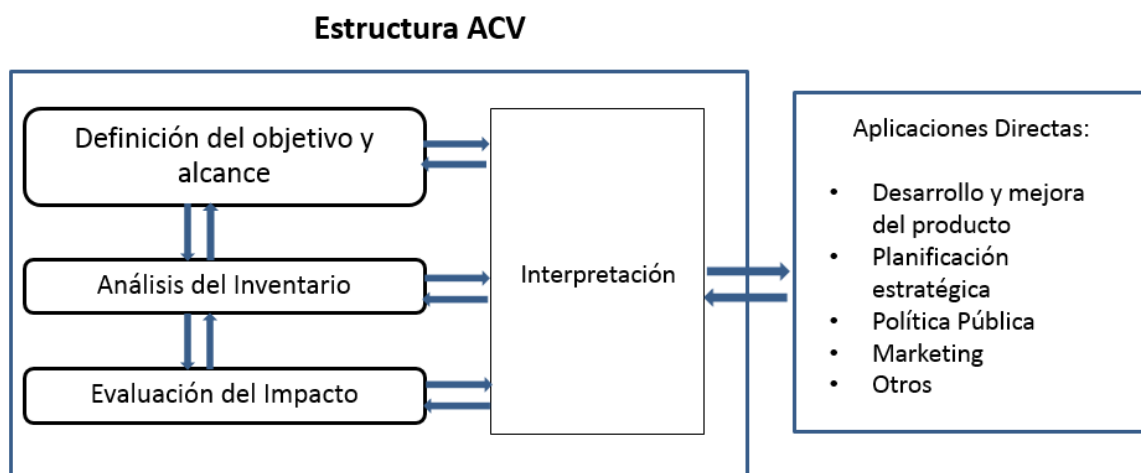


Figura 2-7 Fases de un Análisis de Ciclo de Vida.

Fuente: ISO 14040, 2006.

2.4.4 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y ALCANCES

El primer paso, definición de objetivos y alcance, debe expresar claramente el propósito y la extensión del estudio, además debe describir el o los sistemas estudiados y la unidad funcional.

Una descripción de la unidad funcional se refiere a la cantidad de productos o servicios necesarios para cumplir la función que se comparará, sirve de base para la comparación entre sistemas y a partir de ella se cuantifican las entradas y salidas funcionales de un sistema productivo o de servicios (Güereca, 2006).

Los datos que deben quedar enunciados en la definición de alcances y objetivos son:

- La razón por la ejecución del ACV y las preguntas que deben ser contestadas.
- Una definición precisa del producto, su ciclo de vida y la función que cumple.
- En caso de que los productos vayan a ser comparados, se define una base para la comparación (Unidad Funcional).
- Una descripción de los límites del sistema.

- Una descripción de cómo se van a manejar los problemas de clasificación.
- Datos y requisitos con respecto a la calidad de los datos.
- Suposiciones y limitaciones.
- Los requisitos con respecto al proceso de la Evaluación del Impactos en el Ciclo de Vida (EIACV) y la interpretación posterior que se van a utilizar.
- Las audiencias proyectadas y la forma de cómo los resultados serán comunicados.
- Si aplica, la forma de cómo se va a llevar a cabo una revisión del mismo rango.
- El tipo y el formato del informe requerido para el estudio.

2.4.4.1 Definición del objetivo

El estándar de ISO cuenta con requerimientos particulares para la definición del objetivo, los cuales se explican a continuación:

- La aplicación y las audiencias proyectadas se describirán en forma clara. Eso es importante puesto que un estudio que tiene la intención de suministrar datos y que es aplicado internamente puede ser estructurado de una forma bastante diferente en comparación a un estudio que tiene la intención de efectuar comparaciones públicas entre dos productos. También es importante comunicarse con partes interesadas durante la ejecución del estudio.
- Las razones para la ejecución del estudio deberían ser explicadas claramente.

2.4.4.2 Definición del alcance

La definición del alcance debe considerar y especificar claramente los siguientes puntos:

- Funciones del sistema
- Unidad funcional
- Sistema de producto a estudiar y sus límites
- Categorías de impacto
- Metodología de evaluación de impacto
- Interpretación
- Calidad de los datos
- Hipótesis o suposiciones
- Limitaciones
- Revisión crítica e informe final

2.4.4.3 Unidad funcional

La Unidad Funcional se define como la “cuantificación de las funciones identificadas (características de desempeño) del producto y proporcionar una referencia clara de la asignación de estradas y salida del proceso considerado (ISO 14040, 2006). Al considerar el estudio de un único producto, la unidad funcional coincide con el concepto de base de cálculo empleado en la resolución de balances de materia y energía. Sin embargo, en los estudios de ACV comparativos es crucial definir adecuadamente la unidad funcional a partir de la correcta definición de la función del sistema, puesto que al ser la base de la comparación afectara a los resultados del estudio.

La unidad funcional puede ser de tipo físico o de tipo funcional, y su tamaño dependerá del tipo de estudio que se pretenda realizar.

2.4.4.4 Sistema y límites del sistema

El sistema se define como el conjunto de procesos unitarios o subsistemas necesarios que conectados materiales y energéticamente permiten la presencia del producto estudiado en el mercado. El sistema se suele representar por medio de un diagrama de procesos interconectados entre sí.

Los límites de sistema son de naturaleza global, un ACV completo puede resultar muy extenso. Por esta razón se deberán establecer unos límites que deben estar perfectamente identificados. Los límites del sistema determinarán que procesos unitarios deberán incluirse dentro del ACV. Varios factores determinan los límites del sistema, incluyendo la aplicación prevista del estudio, las hipótesis planteadas, los criterios de exclusión, los datos y las limitaciones económicas y el destinatario previsto.

Los sistemas de un producto se dividen en un conjunto de procesos unitarios y estos a su vez se vinculan entre sí, mediante flujos de productos intermedios y/o residuos para tratamiento con otros sistemas de producto y con el medio ambiente flujos elementales (Usón, 2010).

Entre los flujos elementales que entran en el proceso unitario se pueden mencionar, el petróleo crudo y la radiación solar, y como flujos elementales que salen del proceso unitario. Emisiones al aire, vertidos al agua o al suelo y radiación. Entre los flujos de producto intermedio y flujos de producto que entran o salen del sistema se pueden mencionar los materiales básicos y las piezas a ensamblar, además de los materiales reciclados y componentes para reutilizar.

2.4.5 INVENTARIO CICLO DE VIDA

El análisis de Inventario del Ciclo de Vida (ICV), comprende La obtención de datos y los procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas relevantes de un sistema, tomando como referencia la unidad funcional. Estas entradas y salidas pueden incluir el uso de recursos y las emisiones al aire, agua y suelo asociadas con el sistema a lo largo del ciclo de vida, es decir, desde la extracción de las materias primas hasta la disposición final. Las interpretaciones pueden sacarse de esos datos, dependiendo de los objetivos y alcance del ACV. Esos datos también constituyen las entradas para la evaluación de impacto de ciclo de vida (ISO 14040, 1997).

Considerando que en la práctica el ICV es una larga lista de emisiones y recursos utilizados; con el propósito de evaluación del impacto del ciclo de vida, es determinar la importancia relativa de cada elemento del inventario y agregar las intervenciones en un conjunto de indicadores, o de ser posible, en un solo indicador global. Este paso permite identificar aquellos procesos que constituyen de manera significativa al impacto global, o comparar productos o servicios (Güereca, 2006).

2.4.5.1 Enfoques del inventario de ciclo de vida

Existen dos enfoques para la compilación del ICV, el diagrama de procesos o flujos en el Análisis de Ciclo de Vida y el Insumo – Producto ACV (Input – Output Life Cycle Assessment) que se apoya en la representación matricial del proceso. A continuación, se explica cada uno de ellos.

- ***Inventario de Ciclo de Vida basados en el Diagrama de procesos o flujos:***

La compilación del ICV que se desarrolla basándose en un diagrama de flujo aparece como la opción más empleada entre los profesionales del ACV (Fava et al. 1991), (Vogon et al. 1993) y (Consoli et al. 1993). En la figura 2.5., se muestra un diagrama de flujo y cuáles son sus consideraciones.

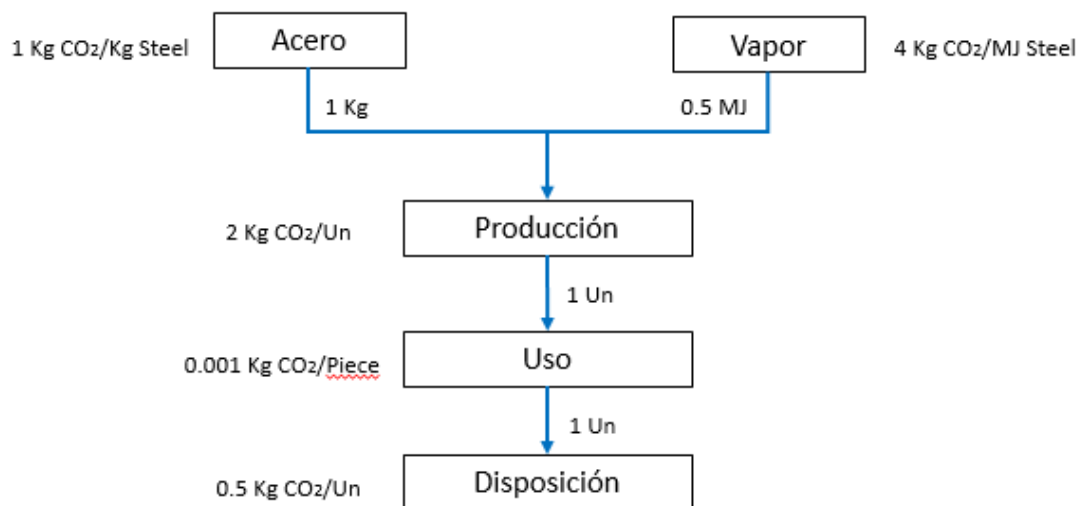


Figura 2-8 Diagrama de procesos en el Análisis de vida.

Fuente: Modificado de Suh, 2005.

Los diagramas de flujo de procesos muestran como están interconectados los procesos de un sistema de producto a través de los flujos de mercancía. En los diagramas de flujo de proceso, las cajas representan generalmente los procesos y las flechas de los flujos de mercancía. Cada proceso se representa como una relación entre un número de entradas y salidas, obteniendo la cantidad de materias primas de la unidad funcional y multiplicando la cantidad de intervenciones ambientales generadas para producir el producto o servicio.

La compilación de un ICV directamente de un diagrama de flujo de un proceso debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Cada proceso productivo produce un solo material o energía.
- Cada proceso de tratamiento de residuos recibe un solo tipo de residuos.
- El sistema de producto en estudio proporciona insumos o recibe salidas de otro sistema de producto.
- Los flujos de material o energía entre los procesos no tienen lazos.

Las condiciones a, b, c; se relacionan con el problema de multiplicidad y la condición d requiere que todos los procesos en el sistema del producto bajo estudio no utilizan su propia producción indirectamente (Suh, 2005).

- Inventario Ciclo de Vida basado en el Insumo – Producto***

Otro método usado en el ACV es el Análisis Insumo – Producto (AIP), también llamado Análisis Económico que fue desarrollado por Wassily Leontief en 1930 (Leontief, 1941).

Leontief (1936), desarrollo un modelo de interdependencia que cuantifica relaciones proporcionales entre los sectores económicos en una economía Insumo – Producto la cual combina datos nacionales, sector por sector de la interacción económica, cuantificando las dependencias entre los sectores y mostrando los cambios relacionados con la demanda económica.

El análisis Insumo – Producto (AIP), desarrollado por Leontief (1936), el cual se representa en las matrices Insumo – Producto, éstas han sido utilizadas para generar datos de ACV, a lo cual se le ha denominado Análisis de Ciclo de Vida Insumo - Producto (IP-ACV).

Esta metodología muestra los cambios en la demanda económica de un sector, lo cual permite cuantificar los efectos ambientales y la utilización de recursos naturales.

El IP-ACV, considera los impactos ambientales directos e indirectos. Por ejemplo, para la compra de un coche, los impactos directos incluyen el acero, aluminio, y plástico, pero también se incluyen los impactos indirectos de la producción de acero y de toda la cadena de suministro del automóvil a través de datos económicos.

En muchos países se cuenta con información sobre los sectores industriales, por ejemplo EE.UU. es el país con más sectores industriales definidos y una amplia gama de datos ambientales disponibles para el público, otros países, como Japón, Holanda y Australia, han desarrollado IP-ACV (Kondo et al. 1998, Lenzen, 1998, Personen et al. 2000), usando técnicas similares para vincular los datos económicos y ambientales. Los primeros trabajos combinando datos Análisis Insumo Producto (AIP) con el análisis de la energía fueron realizados por Bullard et al. (1978). En la Universidad de Carnegie Mellon, se ha desarrollado una herramienta computacional basada en los datos Insumo – Producto y el Análisis Ciclo de Vida (IP-ACV), (Hendrickson et al. 1998; Lave et al. 1995). Los datos del IP-ACV incluyen 1997 datos Insumo – Producto (IP).

En EE.UU. El Departamento de Comercio cuenta con información sobre censos de (manufactura, producción y uso) en sectores como electricidad, combustibles, generación de residuos entre otros. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US Environmental Protection Agency), cuenta con información sobre cambio climático, datos de consumo de recursos en diferentes procesos industriales y factores de emisión que proporcionan información confiable para desarrollar proyectos de investigación aplicando la IP-ACV. De la interacción de modelo Insumo producto y el diagrama de procesos se crea el análisis híbrido de ciclo de vida. Este tiene en cuenta todas las implicaciones de un proceso desde el momento de la extracción de las materias primas, hasta el fin de la vida útil del producto.

- ***Inventario Ciclo De Vida Híbrido***

Debido a que hay ventajas y desventajas asociadas con los procesos y los enfoques IP, varios investigadores han propuesto un enfoque híbrido que combina las ventajas de ambos métodos. Se describen cuatro tipos de modelos híbridos, estos combinan los diagramas de procesos y métodos IP y difieren principalmente en las proporciones de la entrada, salida y procesamiento de datos. En su conjunto cada modelo representa un continuo desarrollo del modelo híbrido. El análisis híbrido con gradas (Bullard et al. 1978), utiliza datos de salida de la matriz Insumo – Producto como datos de entrada de forma iterativa para cada paso, aumentando el detalle del proceso con el fin de

determinar la carga de energía de un sistema de producto. En el Análisis Insumo –Producto, se utiliza para fijar los flujos de energía que cruzan la frontera del sistema de proceso.

En el análisis híbrido con gradas, la primera aproximación es a nivel de toda la economía, el costo de un producto se multiplica por la intensidad energética por unidad de Producto Interno Bruto (PIB). Los niveles o grados de detalle creciente se pueden añadir mediante la asociación de partes del sistema de producto para los sectores individuales del Insumo Producto, aumenta la especificidad del análisis. Las partes desagregadas del sistema de productos se clasifican como productos típicos o atípicos. Los requerimientos energéticos de productos típicos se pueden determinar directamente de los datos Insumo - Producto y los productos atípicos requieren una mayor desagregación y un enfoque de insumo producto iterativo.

Otros ejemplos del enfoque de gradas son los trabajos de (Suh et al., 2004), (Moriguchi et al. 1993) y (Munksgaard et al. 2000).

El segundo método de análisis híbrido, es el análisis híbrido de salida se basa en los insumos y se centra en la desagregación de los sectores de acuerdo a la información económica detallada. (Joshi, 2000), describe tres modelos de esta categoría II, III, IV, el modelo I no se nombra porque no pertenece al análisis híbrido.

El modelo II puede utilizarse cuando un producto ya existente no está bien representado en un sector de los datos IP existente o cuando es un producto completamente nuevo se introduce en la economía. Si se conocen los factores de producción y las cargas ambientales, un nuevo sector se puede insertar en el modelo IP –ACV para determinar los efectos económicos y ambientales en toda la economía.

Los datos IP, se dividen en diferentes matrices, una de ellas es la de coeficientes técnicos (esta matriz muestra la estructura de gastos necesarios para elaborar una unidad de producto), la cual se emplea en el modelo II sin ninguna modificación.

El modelo III toma los mismos datos de la matriz de coeficientes técnicos que el modelo II, pero los transforma por medio de métodos económicos que permiten la actualización de los datos.

Las ventajas de este enfoque son que procesan la información detallada, la cual se puede incluir sin doble contabilidad y se presenta de una manera consistente. El uso y las etapas finales de su vida útil se deben agregar a los resultados, propios de todo el IP – ACV (Suh, 2004).

El modelo IV amplía las matrices de coeficientes técnicos a ambientales a través de un proceso iterativo de la desagregación de los sectores para los cuales se dispone de información de ACV del proceso. Este modelo combina las ventajas de ambos procesos el ACV y el AIP con información de proceso detallado con toda la economía nacional como límite.

El Análisis Híbrido del ACV como método para desarrollar el Inventario Ciclo de Vida fue desarrollado por Suh (2004), quien combina el enfoque ACV y el uso de datos económicos AIP en un marco matemático científicamente demostrado. Los datos físicos del proceso se describen en el diagrama de procesos, generando una matriz con unidades físicas por el tiempo de funcionamiento de cada proceso, mientras las unidades del IP son monetarias. Los datos IP para el modelo integrado híbrido

está vinculado a través de una estructura conectada a través de flujos según el límite del sistema basado en sus procesos. Las ventajas del modelo integrado híbrido son el respaldo matemático consistente para todo el ciclo de vida, evita la doble contabilidad y la aplicación de herramientas de análisis; la desventaja es que se trata de manejo de datos que toman mucho tiempo (Suh, 2004). En la tabla 2.9., se desarrolla un análisis de las ventajas y desventajas entre el diagrama de procesos y el IP – ACV.

Tabla 2-9 Diagrama de procesos.

	DIAGRAMA DE PROCESOS	IP – ACV
VENTAJAS	Análisis detallado y específico de cada proceso. Comparación de productos. Identificación de mejoras en el proceso.	Las fronteras del sistema se definen como toda la economía. Conjunto de la economía, Sistema ACV. Datos disponibles de dominio público. Resultados reproducibles.
DESVENTAJAS	Los límites del sistema son subjetivos. La falta de datos exhaustivos en muchos casos. Mucho tiempo la elaboración del inventario. Proceso costoso. Incertidumbre en los datos.	Nivel agregado de los datos. La identificación de mejoras en los procesos es difícil. Incertidumbre Los datos no son siempre actuales El uso del producto y la disposición no se incluyen.

Fuente: Elaboración propia.

2.4.6 EVALUACIÓN DEL IMPACTO CICLO DE VIDA

El propósito de la Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV), según se define en la Norma International Organization for Standardization (ISO 14040/44, 2006), es evaluar los impactos ambientales resultantes de las intervenciones ambientales (estrada de recursos naturales y salidas de emisiones, descarga y residuos) del ICV.

Los modelos EICV, seleccionan los temas ambientales, llamados categorías de impacto, y utiliza indicadores de categoría para condensar y explicar los resultados del ICV. Sin embargo, en la practica la Norma ISO 14044 (2006) proporciona poca orientación como se ejemplifica en las diversas diferencias metodológicas, técnicas y filosóficas representadas en las herramientas de modelado, aunque no es la única discusión presente también se habla de los puntos finales y puntos medios.

Para realizar dicha evaluación se utilizan modelos, los cuales trabajan a nivel de categorías de impactos, las cuales son los temas ambientales de interés que condensan los impactos ambientales de varias intervenciones (por ejemplo, cambio climático es la categoría que agrupa los impactos generados por las intervenciones de Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O), entre otros.

La etapa de EICV es un aspecto importante de todo el proceso de ACV por que esta etapa se traduce en los resultados de un ACV ya que representa los impactos ambientales potencialmente generados.

La EICV consta de tres elementos obligatorios: selección de categorías, clasificación y caracterización, con los cuales se obtiene el perfil de la EICV y tres elementos opcionales:

normalización, agrupación y pesaje. En la figura 2.9., se pueden apreciar los elementos que componen la EICV.

La ISO 14044 (ISO, 2006), define los elementos obligatorios de la EICV de la siguiente forma:

- Selección: En este paso se seleccionan las categorías de impacto y los métodos de caracterización que se van a considerar en el estudio.
- Clasificación: Es la asignación de los datos del inventario a las diferentes categorías de impacto, tales como calentamiento global, disminución de la capa de ozono, etc.
- Caracterización: Se refiere al cálculo del indicador de impacto para cada una de las categorías de impacto seleccionadas, usando factores de caracterización, los cuales son estimados usando modelos de caracterización.

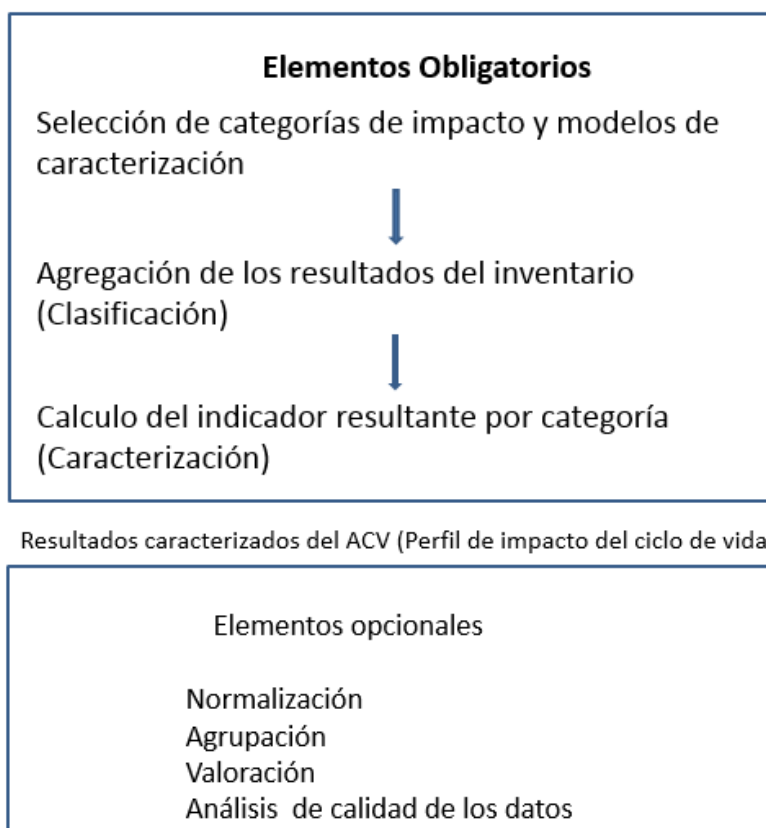


Figura 2-9 Elementos del impacto ambiental del ciclo de vida.

Fuente: ISO 14044, 2006.

Los elementos opcionales de la EICV también son definidos por la norma ISO 14044 (ISO, 2006), que establece lo siguiente:

- Normalización: Es el cálculo de la magnitud del indicador de impacto. Para ello se usa información de referencia, como las emisiones en un área determinada, previamente caracterizada por el mismo método de caracterización.

- **Agrupación:** Es el proceso de clasificar las categorías de impacto por grupos de impacto similar o por categorías en una jerarquía determinada, por ejemplo, alta, media o baja prioridad.
- **Valoración:** Consiste en establecer unos factores que otorgan una importancia relativa a las distancias categorías de impacto para después sumarlas y obtener un resultado ponderado en forma de un único índice ambiental global del sistema.

2.4.6.1 DESCRIPCIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE IMPACTO E INDICADORES

Las categorías de impacto reflejan cuestiones medioambientales de gran importancia, como el agotamiento de recursos fósiles y el consumo de agua. Esto implica, por ejemplo, que los residuos no conforman una categoría de impacto, sin embargo, los efectos ocasionados por estos residuos deben ser analizados por el método y asignados a las categorías correspondientes (Lujan, 2015).

Esta fase del ACV ve dirigida a evaluar la importancia de los impactos portenciales ambientales utilizando los resultados del ICV. En la EICV se selecciona un conjunto de variables medioambientales, denominadas Categorías de Impacto y se utilizan indicadores de categoría (Kg CO₂ eq, Kg SO₂ eq, entre otros) reflejan las emisiones agregadas o los recursos utilizados para cada categoría de impacto (Usón, 2010).

Las categorías de impacto de impacto seleccionadas deben corresponde a los problemas de interés internacional y al mismo tiempo dar respuesta a las preocupaciones ambientales de las zonas geográficas donde se realiza el estudio. Es particularmente importante, que los resultados respondan a las necesidades de la sociedad para que sean de utilidad en el establecimiento de políticas públicas y fomento del desarrollo sostenible. En la tabla 2.10 se muestran las categorías de impacto.

Tabla 2-10 Categorías de impacto.

CATEGORIA DE IMPACTO	UNIDAD	
Contaminación del Aire	Cambio Climático	Kg CO ₂ eq
	Agotamiento del ozono estratosférico	Kg CFC-11 eq
	Formación de Oxidantes Fotoquímicos	Kg COVNM
	Formación de Partículas	Kg PM 10 eq
Contaminación de Suelo y Residuos	Acidificación Terrestre	Kg SO ₂ eq
Contaminación de Agua	Eutrofización de agua	Kg P eq
	Eutrofización Marina	Kg N eq
Daños, Salud y Biodiversidad	Toxicidad Humana	Kg 1,4-DB eq
	Radiación ionizante	KBq U235 eq
Contaminación de Suelo y Residuos	Ecotoxicidad terrestre	Kg 1,4-DB eq
Contaminación de Agua	Ecotoxicidad del agua	Kg 1,4-DB eq
	Ecotoxicidad marina	Kg 1, 4-DB eq

Recursos	Ocupación de tierras agrícolas	m ² a
	Ocupación del suelo urbano	m ² a
	Transformación del suelo natural	m ²
	Agotamiento de agua (disminución de recursos abióticos)	m ³
	Agotamiento de metales (disminución de recursos abióticos)	Kg Fe eq
	Agotamiento de fósiles (disminución de recursos abióticos)	Kg oil eq

Es posible que una serie de sistemas de procesos físicos, químicos y biológicos llamados también mecanismos ambientales presenten un alcance global, mientras que otros tienen un alcance regional. Esta diferencia significa que un mecanismo ambiental particular puede tener efectos importantes en una región, pero no en otra, es por esto por lo que el método se basa en el extremo o final del mecanismo ambiental que es llamado punto final. De igual manera, a un punto situado a la mitad del cambio o a lo largo del mecanismo ambiental se denomina punto medio. Algunas categorías utilizan indicadores de punto medio, como acidificación y cambio climático, mientras que otras utilizan indicadores de punto final como toxicidad humana y agotamiento de recursos (Lujan, 2015).

- ***Categorías de Impacto a nivel de Punto Medio***

Estas categorías evalúan la magnitud del impacto generado de manera directa a un mecanismo ambiental, sin tomar en cuenta las repercusiones que esto pueda ocasionar a la salud humana o al ecosistema. Por ejemplo, en la categoría de cambio climático el impacto de punto medio se determina cuantificando el potencial de calentamiento global que una emisión de contaminantes pueda generar en el entorno mediante el uso de un factor de caracterización. Sin embargo, no analiza las consecuencias que esta emisión pueda generar en la salud humana y en el ecosistema después de un tiempo determinado acorde a la perspectiva seleccionada (Goedkoop, et al. 2009).

- ***Categorías de Impacto a nivel de Punto Final***

Las categorías de impacto a nivel de punto final analizan los daños que se generan a los componentes finales del mecanismo ambiental, por ejemplo, el impacto de cambio climático que se presenta, tanto en los seres humanos, biodiversidad y el ecosistema en general.

Las categorías de impacto a nivel de punto final analizan tres áreas de protección: daños a la salud humana, ecosistemas y recursos. Cada uno de estos apartados requiere un modelo de caracterización que permita la cuantificación de impactos. En la tabla 2.11 se especifica cada una de las áreas de protección.

Tabla 2-11 Áreas de protección que analiza las categorías de impacto punto final.

ÁREAS DE PROTECCIÓN	MODELO DE CARACTERIZACIÓN
DAÑOS A LA SALUD HUMANA	En esta categoría se implementa el modelo de caracterización DALY (disability-adjusted life years), el cual es utilizado para cuantificar el daño ocasionado a la salud humana. Se basa en las estadísticas derivadas de una amplia gama de enfermedades, incluyendo tipos de cáncer y enfermedades no transmisibles.
ECOSISTEMAS	En esta categoría se cuantifica el daño ejercido a un ecosistema tomando en cuenta todos sus componentes. El método consiste en describir la calidad del ecosistema en términos de energía, materia y especies, posteriormente se eligen las especies que se puedan utilizar como grupos representativos de la calidad total de un ecosistema, para lo cual se modela la pérdida de especies durante cierto tiempo.
RECURSOS	El método se basa en la distribución geológica de recursos minerales y fósiles para evaluar como el uso de estos recursos provoca cambios en los esfuerzos requeridos para extraer recursos futuros con base en costos de extracción

2.4.6.2 MODELOS DE CARACTERIZACIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE IMPACTO SELECCIONADAS PARA ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA VIS EN MÉXICO

- *Cambio Climático*

La categoría de impacto del cambio climático se refiere a los posibles cambios en el clima de la tierra causados por la acumulación de productos químicos conocidos como gases de invernadero que atrapan el calor de la luz solar reflejada que de otra manera habría pasado fuera de la atmósfera de la tierra (Bare J, 2003).

La tierra absorbe la radiación del sol, esta energía es redistribuida en la atmósfera y los océanos y retornada en forma de radiación de infrarrojo térmico; sin embargo, parte de esta radiación es absorbida por los gases existentes en la atmósfera provocando el calentamiento del planeta, fenómeno que se le conoce efecto invernadero. Estos gases son principalmente el vapor de agua, el CO₂ y otros gases como CH₄, N₂O y CFCs (Clorofluorocarbonos). El cambio climático se refiere al impacto de las emisiones antropogénicas sobre las fuerzas radiactivas de la atmósfera. Esto puede generar efectos adversos sobre los ecosistemas, la salud humana y el estado de los materiales. La mayoría de las emisiones relevantes al clima, enriquecen las fuerzas de radiación, causando que la temperatura superficial de la Tierra aumente. La acción humana ha provocado un incremento de las emisiones de estos gases, lo que lleva o puede llevar a un sobrecalentamiento del planeta y por lo tanto a una alteración de sus condiciones (Sánchez et al. 2011).

El Potencial de Calentamiento Global (GWP, Global Warming Potential) es usado como el factor de caracterización para evaluar y agregar las intervenciones en la categoría de cambio climático. El indicador de gases de efecto invernadero (GEI) se deriva de dos propiedades básicas de cada gas. La primera es la habilidad para reflejar el calor y la segunda tiene que ver con la permanencia del gas en la atmósfera. Estas propiedades se comparan con las propiedades del dióxido de carbono y son

convertidas en dióxido de carbono equivalentes (CO₂ eq). Entonces los equivalentes individuales pueden ser sumados para obtener un indicador GEI (Güereca, 2006).

- **Formación de Oxidantes Fotoquímicos**

El punto de caracterización asociado con la formación de oxidantes fotoquímicos es la formación de moléculas de ozono troposférico. El ozono (O₃) es un gas oxidante reactivo, producido naturalmente en pequeñas cantidades en la atmósfera terrestre, pero en la tropósfera lleva a efectos perjudiciales en la salud humana, los ecosistemas y la agricultura, ya que según las concentraciones presentes puede producir daños a la vías altas del sistema respiratorio de los seres humanos y especies animales superiores, reducción de la fotosíntesis y aumento en la senescencia en vegetales, es decir una muerte celular programada aumentada de los vegetales. Las tasas de formación de ozono en la tropósfera están regidas por las reacciones químicas complejas influenciadas por las concentraciones ambientales de los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los compuestos orgánicos volátiles (COV), así como la particular mezcla de COV, la temperatura, la luz solar y los flujos convectivos. El monóxido de carbono (CO) y el metano (CH₄) pueden desempeñar también un papel en la formación de ozono (Bare et al. 2003).

- **Acidificación Terrestre**

Las sustancias inorgánicas, como sulfatos, nitratos y fosfatos causan un cambio en la acidez del suelo, dañando a los organismos vivos y su entorno. Para casi todas las especies de plantas existe un PH ácido óptimo, la desviación grave de este nivel es perjudicial a estas especies y se le conoce como acidificación, lo que causa cambios en el suelo y en la presencia de especies. Existen emisiones ácidas generadas por el hombre y otras generadas a partir de reacciones atmosféricas, las cuales pueden ser óxidos de nitrógeno, amoníaco y dióxido de azufre. El potencial de acidificación terrestre se expresa en dióxido de azufre (SO₂ eq).

Las principales emisiones acidificantes son NO_x, NH₃ y SO₂ (Udo de Haes, et al. 2002). La persistencia de una sustancia acidificante en el sistema puede ser calculada mediante un modelo de deposición atmosférica combinado con un modelo de dinámica de suelos mientras que los efectos ocasionados a un ecosistema por una sustancia acidificante se pueden determinar con una curva dosis – respuesta de la disminución de especies.

- **Eutrofización**

La eutrofización incluye los impactos a causa de un nivel elevado de nitrógeno y fósforo en el agua o en el suelo. El incremento de estos macronutrientes puede generar un cambio indeseable en la composición de especies y por lo tanto en el aumento de la producción de biomasa en los ecosistemas tanto acuáticos como terrestres. La contaminación del agua y el consiguiente aumento en las algas producirá la disminución del contenido de oxígeno en el ecosistema a causa del incremento en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) por la descomposición de esta biomasa. El incremento en la DBO puede conducir a alcanzar condiciones anaeróbicas que provocarán la

descomposición causada por bacterias anaeróbicas que liberarán CH_4 , ácido sulfhídrico (H_2S) y NH_3 , que tienen el potencial de llevar a la desaparición la vida del ecosistema.

- ***Toxicidad Humana***

La toxicidad es la habilidad inherente de algunos químicos de causar daños sistemáticos a los organismos vivos o a los ecosistemas; no es un término absoluto y fácil de definir, ya que depende de factores como la concentración, condiciones del receptor, tipo y tiempo de exposición, además de la metodología empleada para realizar la traducción de los datos empíricos de laboratorio a efectos ambientales potenciales. Los conceptos más importantes para caracterizar la ecotoxicidad son el destino, exposición y efectos asociados de las sustancias (INEC, 2009).

La identificación de los impactos implica utilizar datos empíricos toxicológicos estándar para elaborar indicadores de toxicidad para cerca de 200 sustancias y prever su respuesta ambiental. El modelo combina la escala regional, continental y global con las temperaturas geográficas y las propiedades físico-químicas de una sustancia para describir su dispersión en el suelo, agua o aire y a partir de esto estimar un índice de impacto, que se relaciona al de la sustancia de referencia 1,4 – diclorobenceno / Kg de emisión (INEC, 2009).

La toxicidad incluye los efectos de las sustancias tóxicas presentes en el ambiente sobre los seres humanos, así como los ecosistemas acuáticos y terrestres. Afecta a las áreas de protección de la salud humana, entorno natural y recursos naturales.

El factor de caracterización de la toxicidad humana y la ecotoxicidad está asociado con el tiempo de persistencia y acumulación en la cadena alimenticia humana, así como también con la toxicidad o efectos de las sustancias. Los factores de persistencia y exposición pueden ser calculados mediante un modelo de evaluación, mientras los factores de persistencia y exposición pueden ser calculados mediante un modelo de evaluación, mientras los efectos pueden ser derivados de los datos de toxicidad obtenidos de forma experimental en seres humanos y animales (Hertwich, et al. 1998).

El modelo de caracterización utilizados en esta categoría se denomina USES-LCA por sus siglas en inglés (The Uniform System for the Evaluation of Substances Adapted por LCA Purposes).

- ***Ocupación del Suelo Agrícola***

La mayoría de los procesos de producción requieren cierta área de tierra o suelo, la cual debe permanecer ocupada durante un tiempo determinado en el cual se fabrican o desarrollan un número específico de bienes o servicios. No todos los tipos de ocupación ejercen el mismo efecto sobre la biodiversidad. La categoría de impacto por uso de suelo refleja el daño ocasionado a los ecosistemas debido a los efectos de ocupación y transformación de suelo. Aunque existen varios factores que influyen en el uso de suelo y pérdida de biodiversidad, el modelo de caracterización se basa en los siguientes mecanismos:

- Ocupación de un área determinada durante un tiempo definido. Se refiere al uso continuo de un área de suelo, sin especificar lo que era antes, por causa de falta de datos.

- Transformación de un área determinada de superficie. Representa la conversión de un estado a otro y el tiempo que se necesitaría para restaurar el área transformada. La restauración puede ser un proceso totalmente natural o puede ser ayudado mediante la adopción de medidas que aceleren dicho proceso.

Ambos mecanismos se pueden combinar, a menudo la ocupación sigue de una transformación, sin embargo, la ocupación se produce en un área que ya ha sido convertida o transformada. En tales casos no se asigna ningún impacto por la transformación del sistema de producción que ocupa una superficie.

Para la caracterización del uso de suelo el modelo utiliza el enfoque que actualmente utiliza la metodología CML (Guineé et al. 2002). Este enfoque contempla los diferentes tipos de uso de suelo definidos como $m^2 \cdot \text{año}$.

- Ocupación de suelo agrícola
- Ocupación de suelo urbano
- Transformación de suelo natural

- ***Agotamiento de Agua***

El agua es un recurso escaso en muchas partes del mundo, pero abundante en otros lugares. A diferencia de otros recursos naturales no existe un mercado global que asegure su distribución mundial. Es importante tomar en cuenta categorías de impacto ya que la extracción de agua en una región donde existe escasez de este recurso puede causar un daño importante a los ecosistemas y a la salud humana, además se debe considerar que los tipos de usos del agua dan lugar a la escasez. De manera general, el uso del agua ha sido investigado en términos simples de ICV en unidades de masa o volumen, sin un análisis de caracterización posterior que pondere los diferentes caudales de uso para tener en cuenta las diferencias importantes entre los tipos de fuentes del recurso y los lugares de uso. Sin embargo, la categoría de impacto uso de agua, está estructurada para capturar el uso significativo del agua en las zonas de baja disponibilidad (Bare et al. 2003).

En esta categoría se utiliza el indicador que consiste en la cantidad de agua utilizada. Se considera el tipo de recurso utilizado: agua de lago, agua de río, agua subterránea o agua de origen natural no especificada (Goedkoop et al. 2009).

- ***Agotamiento de combustibles Fósiles***

Con el paso del tiempo y la extracción de recursos, las fuentes convencionales se han ido agotando lo cual impulsa el surgimiento de fuentes no convencionales. Es por esto que la evaluación de esta categoría se basa en el cambio proyectado de la extracción de recursos o de fuentes convencionales a fuentes no convencionales. La extracción de fuentes no convencionales generalmente requiere energía intensiva y mayores costos, lo cual significa que el uso de fuentes no convencionales es viable, siempre y cuando el precio de los combustibles sea lo suficiente alto como para cubrir los costos de producción.

El término combustible fósil se refiere a un grupo de recursos que contienen hidrocarburos. Este grupo incluye los materiales volátiles como el metano, la gasolina y los materiales no volátiles. Esta categoría de impacto también está relacionada con el concepto de agotamiento de recursos y energía de más. En este caso se refiere a la energía de combustible fósil extraído, como resultado de la disminución de la calidad de los recursos.

- ***Método de Evaluación del Impacto Ciclo de Vida***

Para esta investigación se utiliza el ReCiPe Mindpoint (H) versión 1.12 / World Recipe I, este método de evaluación de impactos cuenta con la aceptación internacional.

El método ReCiPe Mindpoint (H) fue creado por El instituto Nacional para la Salud y el Medio Ambiente (RIVM) de Holanda, El Instituto de Ciencias Ambientales (CML) de la Universidad de Leiden - Holanda, PRé Consultants que es una consultoría con enfoque ciclo de vida líder evaluaciones de impacto, oficina principal Holanda, Radboud Universiteit Nijmegen – Holanda y su facultad de ciencias y por último el CE Delft que es una organización de investigación y consultoría independiente especializada en soluciones a problemas ambientales.

El ReCiPe Mindpoint (H) puede optar por utilizar indicadores del punto medio o indicadores de punto final, las evaluaciones de impacto en este método se basan en dos conjuntos de ponderación la primera es Europe ReCiPe I que se refiere a los valores de normalización de Europa World ReCiPe I se refiere a los valores normalizados para todo el mundo. Para esta evaluación de impactos se utilizó el World ReCiPe I; bajo un enfoque atribucional, el cual consiste en asociar pesos a la construcción y uso de la vivienda en determinado momento, buscando responder como suceden los eventos dentro del estado temporal seleccionado.

Para realizar la cuantificación de impactos ReCiPe considera indicadores de categoría, los cuales son lugares medibles es una vía de impacto. El cálculo de las magnitudes se estos indicadores de categoría requieren un factor de caracterización que a su vez requieren modelos de caracterización. Los factores de caracterización consisten en un número adimensional que expresa el potencial de daño causado en cada una de las categorías. Por ejemplo, en la categoría de cambio climático se ha introducido como sustancia de referencia el CO₂ en aire, de modo que el factor de caracterización es un número que expresa el daño potencial producido por un Kg de GEI en relación con un Kg de CO₂ (Goedkoop et al. 2009). Para tomar en cuenta el factor de incertidumbre en los modelos de caracterización, el método ReCiPe agrupa diferentes fuentes de incertidumbre y diferentes escenarios o perspectivas de acuerdo con la Teoría Cultural (Thompson et al. 1990). En la teoría se definen tres perspectivas, las cuales agrupan propuestas y supuestos similares en la tabla 2.12 se observan las perspectivas.

Tabla 2-12 Perspectivas de la Evaluación de Impacto.

PERSPECTIVAS	
Individualista (I)	Se basa en el interés a corto plazo (20 años)
Jerárquica (H)	Se basa en los principios más comunes con respecto a marcos de tiempo y otras cuestiones (100 años)
Igualitaria (E)	Se basa en el interés a largo plazo (500 años)

2.4.7 INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA

La última etapa de ACV es la interpretación, en la cual se evalúan los resultados y se plantean conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones, de forma consistente con el objetivo y alcance del estudio (ISO, 2006).

Consiste en la evaluación de las necesidades y posibles mejoras para reducir las cargas ambientales asociadas con el consumo de energía, de materias primas y el impacto ambiental que se genera durante el ciclo de vida de un producto o servicio.

2.4.8 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad se basa en la comparación de los resultados obtenidos y depende de los datos de entrada. El análisis de sensibilidad puede enfocarse en aquellos datos de entrada que son más importantes para realizar una elección (Ríos Insua, 1990)

2.5 MODELO INSUMO PRODUCTO

2.5.1 ANTECEDENTES DEL MODELO INSUMO PRODUCTO

El MIP con el Balance de la Economía Nacional de la URSS, (Jasny, 1962), una tabla estadística de doble entrada, publicada en 1926 con el propósito de describir el sistema económico y facilitar el trabajo de planificación. Se trata del primer intento empírico de presentar un cuadro estadístico descriptivo de una economía real. Esta matriz ha sido definida también como un Cuadro económico al estilo de Quesnay (Spulber et al. 1975).

El Balance, sin embargo, no encontró una buena acogida en los círculos políticos, y finalmente no fue usado para la planificación, como era la intención de sus creadores, si bien hubo un segundo intento de construir un Cuadro Económico, en 1932, con datos de 1928-1930 (Wheatcroft y Davis, 2005). La aparición del Balance en sus dos versiones es parte de un debate sobre la existencia de leyes económicas generales que podrían descubrirse con el uso de estadísticas y técnicas

matemáticas y que, a su vez, podrían dar sustento teórico al trabajo de planificación. Al mismo tiempo, en esta discusión se encuentran argumentos a favor de construir una base de datos certera que permitiera la coordinación entre las metas de los planificadores y la existencia de recursos. Los teóricos veían la economía como un sistema de productores donde los sectores guardan relaciones económicas en proporciones definidas que, además, explican las interdependencias entre aquellos. (Remington, 1982; Wheatcroft y Davis, 2005).

El Balance es, sin duda, un logro importante de la estadística soviética y culmina un esfuerzo de largo plazo, para tener indicadores económicos confiables, que inicio a fines del siglo XIX en la Rusia prerrevolucionaria (Wheatcroft y Davis, 2005). Este trabajo permitió contar con una buena descripción del estado de cosas en el sistema económico. No obstante, se ha señalado que no hay un modelo teórico que sustente los resultados, que se presentan sin el empleo de coeficientes ni de resultados del álgebra de matrices (Spulber y Dadkhah, 1975). El primer Balance recibió un extenso comentario de W. Leontief (1925), justo el año en que el viaje a Berlín para emprender estudios de doctorado.

Por otro lado, se ha demostrado que el MIP admite una interpretación clásica, y se le puede comparar con los desarrollos del economista Piero Sraffa como “Relaciones entre precios y Cantidad”; al mismo tiempo, admite ser asociado con el modelo neoclásico de equilibrio general.

Los primeros acercamientos al modelo de interdependencia, como Leontief prefería llamar a su obra, el MIP surgió en un momento en que la teoría económica estaba cambiando profundamente. Por ejemplo, En 1930 se funda la Sociedad econométrica y en la siguiente década se consolida el empleo de técnicas estadísticas en el estudio de las relaciones económicas. Por otro lado, durante los primeros años de la década de los treinta, M. Kalecki publicó una serie de trabajos en una línea que sirvió para la fundación de la macroeconomía y en 1936 apareció la célebre Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero de J.M. Keynes. Al mismo tiempo se revisaba y renovaba el edificio de la teoría económica neoclásica, lo que culminaría con la demostración del llamado Teorema de existencia (del equilibrio general) en 1954 y la posterior hegemonía de la teoría neoclásica. En síntesis, era una época de profundos cambios en la teoría económica, donde se privilegió el ascenso de la formalización de los problemas que aborda la economía con el empleo del lenguaje matemático, como lenguaje científico, junto con la necesidad de contar con mediciones de diversos aspectos de los fenómenos bajo estudio. Por supuesto estos cambios de la teoría y de la práctica económica están asociados con la crisis en la que la mayor parte del mundo estaba inmersa.

El desarrollo de la investigación teórica y aplicada sobre el MIP después de la II Guerra Mundial fue muy rápido. Para ello, la intervención de diversos organismos internacionales como Naciones Unidas y la Organización Europea para la Cooperación Económica (OECE ahora OCDE) fue fundamental. Dichos organismos introdujeron y recomendaron la práctica de la planificación económica, así como la construcción de pronósticos y escenarios posibles (Akhabbar et al. 2011), para lo cual la construcción de los Sistemas de Cuentas Nacionales (incluye las Matrices Insumo Producto) era fundamental. En Europa se produjo un ambiente favorable para la investigación aplicada a temas de economía cuantitativa, se organizaron los dos primeros congresos internacionales sobre MIP, en Holanda en 1950 y en Italia en 1954.

Asimismo, en 1961 surge la Association Scientifique Europeenne pour la Prévision Economique á Moyen et Long Terme, (ASEPELT), o Asociación Científica Europea para la Predicción Económica a Mediano y Largo Plazo. Los afiliados incluían a científicos provenientes de diversos países interesados en los modelos económicos multisectoriales (Akhbar et al. 2011).

2.5.1.1 Wassily Leontief

En 1936 Wassily Leontief, cuando era profesor de la Universidad Harvard, publicó el artículo “Quantitative Input and Output Relations in the Economic System and the United States” en The Review of Economics and Statistics, al año siguiente, en la misma revista, participa con “Interrelation of Prices, Output, Savings and Investment and Study in Empirical Application of the Economic Theory of General Interdependence”. Con estos dos artículos se inaugura la investigación en torno al MIP (Aroche, 2013).

En el primer artículo Leontief presenta la lógica de construcción de la Tabla Insumo Producto (TIP) y en el segundo, la primera versión del MIP, un sistema cerrado donde los coeficientes pueden variar. Se trata de un modelo preocupado por la interdependencia entre las partes o los sectores de la economía, referido al modelo de equilibrio general y a la Tableau Economique (cuadro económico) de Francois Quesnay.

En 1941 Wassily Leontief publicó el libro The Structure of the American Economy 1919-1929, con seis capítulos reunidos en tres partes. Aquí el autor reúne y extiende los principios de la construcción de la TIP y presenta, nuevamente, la versión cerrada del modelo de 1937. El libro abunda en la discusión de conceptos y de los resultados, más allá de lo considerado en los trabajos de 1936 y 1937 (Aroche, 2013).

El modelo abierto no fue publicado hasta 1944 en el artículo “Output, Employment, Consumption, and Investment” de la revista The Quarterly Journal of Economics, asociada a la Universidad Harvard en Estados Unidos. En 1946, en la misma revista, se publicaron dos artículos que continúan con la exposición del modelo abierto y sus primeras aplicaciones, “Exports, Imports, Domestic Output, and Employment” y “Wages, Profits and Prices”.

En 1951, diez años después de la primera edición del libro en cuestión, aparece la segunda con un título ligeramente distinto, The Structure of the American Economy 1929-1939, donde se agrega una cuarta parte con cuatro capítulos que habían sido ya publicados como artículos: el referido de 1944, los dos de 1946 y un cuarto de 1949 en The American Economic Review. Estos capítulos adicionales explican la versión “abierta” del modelo (Aroche, 2013). La nueva TIP corresponde a la misma economía para 1939, y, esta vez, el Ministerio de Trabajo del Gobierno de Estados Unidos preparó la matriz que acompaña al libro.

El La Estructura Económica de América apareció traducido en 1958 como la estructura de la economía americana 1929-1939, en la edición de José María Bosch de Barcelona. No obstante, en 1945 ya había publicado la traducción del trabajo que había aparecido en 1944, así como en 1947 el artículo de 1946 “Exportaciones, importaciones, producción nacional y empleo”. Ambos artículos

fueron traducidos por Ángel Martín Pérez, quien formuló el término “Insumo - Producto” para denominar a la técnica en cuestión, fue adoptado en América, pero rechazado en España, donde han preferido mantener Input-Output (Aroche, 2013).

La naciente ciencia económica en México tenía a su alcance (y en español) muchos de los desarrollos teóricos y empíricos recientes que ocurrían en otras partes del mundo y en otros idiomas.

El Fondo de Cultura Económica traducía y difundía muchas obras de reciente aparición, lo que se sumaba a la labor de las editoriales españolas más antiguamente establecidas, que también traducían los libros de texto para los estudiantes de economía, a veces del alemán, del francés o del inglés. El Trimestre Económico incluía también la referida sección de libros recientes y un índice de diversas revistas en economía editadas en distintas partes del mundo.

Sin pretensiones de hacer un estudio exhaustivo, el índice de El Trimestre Económico entre 1934 (año de su fundación) y 1978 incluye sólo dos trabajos originales sobre el modelo IP, el primero de Oscar Lange (1959) “Tres ensayos sobre planeación económica - Algunas Observaciones sobre el análisis del insumo-producto” y el de Mario Brodersohn y Adrián C. Giussarri (1968) “Utilización del MIP como instrumento de proyección en la Argentina”. También aparece el artículo de Albert O. Hirschman (1977) traducido como “Enfoque generalizado del desarrollo por medio de enlaces, con referencia especial a la producción de básicos” (Aroche, 2013).

La revista de la (hoy) Facultad de Economía de la UNAM, Investigación Económica, fundada en 1944, tampoco ofrece un panorama gran cantidad de publicaciones al respecto; en 1967 recién aparece el artículo “La técnica insumo-producto y su aplicación a la planeación en México”, de Luis Humberto Ramírez y Gonzalo Vázquez, y en 1975 “Estimación del cuadro insumo-producto de México para 1970 con base en el método RAS”, de Adrián Ten Kate. Hasta el año 2009 han aparecido tres trabajos adicionales cuyo título indica el empleo del MIP o el estudio de la estructura económica en el sentido que le da Leontief.

El desarrollo y avance en el tema desde la academia ha sido lento y no son muchas las publicaciones al respecto, no obstante, el MIP se ha empleado fuera del ámbito académico, por ejemplo, en el diseño de políticas económicas. De hecho, el desarrollo del modelo acompañó el diseño de políticas de desarrollo mediante la industrialización en muchos países de habla hispana, además de Brasil (Aroche, 2013).

Por otra parte, muchos países americanos dedicaron recursos y esfuerzos cuantiosos para preparar matrices de IP a partir de la década de 1950, con el fin de contribuir en el diseño de las políticas económicas y las estrategias de desarrollo. Este auge sigue también las directrices de la Organización de la ONU, para la construcción de los Sistemas de Cuentas Nacionales, donde las matrices IP fueron un componente a partir de 1968.

2.5.2 SISTEMA DE CUENTAS NACIONALES EN MÉXICO

El Sistema de Cuentas Nacionales de México (SCNM), constituye el marco conceptual que permite presentar de manera condensada una gran cantidad de las estadísticas económicas, ordenadas de acuerdo con determinados principios y percepciones en cuanto a la organización y funcionamiento

de la economía. Es un sistema contable que registra de manera ordenada, sistemática y completa todas las transacciones que realizan los agentes económicos en el país, y proporciona un conjunto de datos estadísticos que facilitan el análisis y la evaluación de las políticas económicas. Ofrece información no sólo de las actividades económicas, sino también de los flujos de activos productivos y de la riqueza nacional, para determinados períodos de tiempo.

Este conjunto de cuentas e indicadores macroeconómicos integrado conceptualmente ha sido mediante la adopción y adaptación, en una primera instancia, del marco teórico-contable que han ofrecido las versiones del Sistema de Cuentas Nacionales aprobado por la Comisión de Estadística de las Naciones Unidas para 1968, 1993 y 2008, así como por el empleo específico de manuales tales como:

- Naciones Unidas, Manual sobre la Compilación y el Análisis del Insumo-Producto (CACI-P), Nueva York 2000;
- EUROSTAT. Manual de medición de precios y volúmenes en las Cuentas Nacionales, Luxemburgo Ed. 2005;
- EUROSTAT. Métodos de Contabilidad Regional. Valor añadido bruto y Formación bruta de capital fijo, por rama de actividad. Luxemburgo 1995;
- Organización de la Naciones Unidas (ONU), EUROSTAT, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), Fondo Monetario Internacional (FMI). Sistema de Contabilidad Ambiental-Económica, 2012 (SEEA), Nueva York 2012;
- FMI. Manual de Cuentas Nacionales Trimestrales. Conceptos, fuentes de datos y compilación, Nueva York.
- EUROSTAT. Manual de Cuentas Nacionales Trimestrales, Luxemburgo 1995.
- Organización Mundial de Turismo (OMT), Cuenta Satélite de Turismo: Recomendaciones sobre el Marco Conceptual, 2008 (CST: RMC 2008), Luxemburgo/Madrid/Nueva York/París, 2010.

2.5.3 MARCO CONCEPTUAL GENERAL

El SCNM se construye como una sucesión de cuentas que registran flujos económicos relacionados entre sí por las distintas actividades económicas que llevan a cabo los agentes o sectores institucionales, en un determinado período de tiempo. Cada cuenta se relaciona con actividades como la producción, la generación, distribución, redistribución y asignación del ingreso, consiguiendo balancearlas mediante la introducción de un saldo contable, definido residualmente como la diferencia entre los recursos y usos totales registrados en ambos lados de cada cuenta. Dicho saldo contable en una determinada cuenta, se lleva como primera partida a la siguiente cuenta permitiendo con ello la articulación de todas las cuentas y de estas con el balance de cierre.

Los saldos contables de cada cuenta resumen el resultado neto de las actividades cubiertas por ella, y representan agregados económicos de gran relevancia como el valor agregado, el ingreso disponible y el ahorro. A su vez, este último es el saldo contable que va a aparecer como recurso

inicial en la cuenta de capital, la cual estará vinculada con la cuenta financiera y la de otras variaciones de activos, cuyas actividades explicarán, en su oportunidad, la variación entre el Balance inicial y el balance final de cada unidad o sector.

Los cálculos anuales con año base 2008 elaboran las siguientes cuentas corrientes y de acumulación recomendadas por el Sistema de Cuentas Nacionales 2008:

- Cuentas de Bienes y Servicios
- Cuentas por Sectores Institucionales
- Indicadores Macroeconómicos del Sector Público
- Gobiernos Estatales, Cuentas Corrientes y de Acumulación de Capital y Cuentas de Producción por Finalidad
- Producto Interno Bruto por Entidad Federativa
- Cuentas Económicas y Ecológicas de México
- Cuenta Satélite de Turismo de México
- Cuenta Satélite de las Instituciones sin fines de lucro de México
- Cuenta Satélite del trabajo no remunerado de los hogares de México
- Cuenta Satélite del sector Salud de México
- Matriz de Insumo – Producto

Junto con ese material de corte anual, con el cambio de año base a 2008, se difunden de acuerdo con el calendario de Información de Interés Nacional el Cuadro de Oferta y Utilización y la Matriz de Insumo-Producto para el año base de 2008, los cálculos del PIB estatal, los trimestrales del PIB nacional y de la oferta y demanda agregada, así como los indicadores mensuales de actividad, mismos que tiene por objeto ampliar y enriquecer la oferta de indicadores económicos disponibles en el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG).

2.5.4 MATRIZ DE INSUMO PRODUCTO

La Matriz de Insumo-Producto consiste en un conjunto de cuadros que reflejan y actualizan las relaciones formales que llevan a cabo los diversos sectores y agentes económicos que intervienen en todas las fases del ciclo económico (producción, comercialización, consumo y acumulación).

2.5.4.1 Modelo básico de insumo producto

El elemento de partida del modelo de Insumo-Producto en Economía es la transformación del Tableau Economique en un instrumento de análisis y de proyección económica, mediante el cual es posible tomar decisiones para hacer políticas económicas (INEGI, 2013).

Los principales supuestos del modelo son:

- Cada sector produce un solo bien o servicio, bajo una misma técnica; es decir, se supone que cada insumo es proporcionado por un solo sector de producción, lo que implica que se emplea la misma tecnología de producción, de tal forma que no es posible la sustitución

entre insumos intermedios, a la vez que cada sector tiene una sola producción primaria; es decir que no hay producción conjunta. (Hipótesis de homogeneidad sectorial).

- No ocurren cambios en el corto plazo de la estructura productiva de cada sector, por lo que la proporción de insumos que requiere cada uno, será fija.
- En el corto plazo, los insumos que requiere cada sector en la elaboración de un producto varían en la misma proporción en que se modifica la producción sectorial, determinándose así una función de producción de coeficiente lineal fijo, que presenta rendimientos constantes a escala. (Hipótesis de proporcionalidad estricta).
- Cuando se utiliza el modelo para realizar proyecciones de precios, debe tenerse en cuenta que se mantiene la relación de precios relativos presente en el año en que se elabora la matriz. (Hipótesis de invarianza de precios relativos).

La consideración de que cada sector elabora un solo producto, implica que las transacciones intersectoriales deberán corresponder a una matriz simétrica, por lo que el modelo que explica esta interacción se denomina Modelo Simétrico de Insumo-Producto. De esta manera las relaciones intersectoriales se transforman en relaciones técnicas y cada columna de un cuadro de coeficientes de Insumo-Producto representa una técnica de producción (INEGI, 2013).

Este modelo se considera abierto, ya que relaciona la producción total de un sector con las demandas finales de todos los sectores; es decir, considera no sólo las necesidades de producción para satisfacer la demanda final, sino también toda la cadena de reacciones que ello implica en las transacciones intersectoriales. Así pues, la demanda final se considera como si fuera exógena.

El Cuadro de Transacciones Totales que se representa en la tabla 2.12., está conformado por las relaciones intersectoriales de Insumo-Producto medidas en pesos (moneda nacional), de tal forma que en las filas encontramos la demanda intermedia, los vectores del valor agregado y el insumo total y en las columnas el uso de insumos intermedios, el vector de la demanda final y de la producción total. Así, en las filas se representan los ingresos y en las columnas los gastos, por lo que cada sector encontrará equilibrio entre el producto total y el insumo total, de tal forma que la oferta será igual a la demanda (INEGI, 2013).

Tabla 2-13 Transacciones Totales, en términos simbólicos (INEGI, 2013).

INSUMO	DEMANDA INTERMEDIA			DEMANDA FINAL	PRODUCTO FINAL
	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3		
SECTOR 1	q_{11}	q_{12}	q_{13}	df_1	q_1
SECTOR 2	q_{21}	q_{22}	q_{23}	df_2	q_2
SECTOR 3	q_{31}	q_{32}	q_{33}	df_3	q_3
VALOR AGREGADO	v_1	v_2	v_3		
INSUMO TOTAL	q_1	q_2	q_3		

De acuerdo con los ingresos, el producto total de cada sector se define como la suma de su demanda intermedia más su demanda final y de acuerdo con los gastos, el insumo total es igual al insumo intermedio más el valor agregado. De manera matemática:

Sean q_1 , q_2 y q_3 los productos totales de tres sectores; df_1 , df_2 y df_3 las demandas finales de estos sectores; mientras que q_{11} , q_{12} , q_{13} , q_{21} , q_{22} , q_{23} , q_{31} , q_{32} , q_{33} representan los flujos internos dentro de la economía. Los valores agregados de cada sector son representados por v_1 , v_2 y v_3 .

$$\begin{aligned} q_{11}+q_{12}+q_{13}+df_1 &= q_1 = q_{11}+q_{21}+q_{31}+v_1 \\ q_{21}+q_{22}+q_{23}+df_2 &= q_2 = q_{12}+q_{22}+q_{32}+v_2 \\ q_{31}+q_{32}+q_{33}+df_3 &= q_3 = q_{13}+q_{23}+q_{33}+v_3 \end{aligned} \quad (1)$$

De tal forma que del lado izquierdo de la igualdad se representa la oferta y del derecho la demanda, reflejando así el equilibrio entre ambas variables. Una vez que se determinan las transacciones totales de Insumo-Producto, se calcula la estructura de costo unitario por sector, que se presenta en el Cuadro de Coeficientes Técnicos, tabla 2.14.

Tabla 2-14 Coeficientes Técnicos (INEGI, 2013).

INSUMO	DEMANDA INTERMEDIA			DEMANDA FINAL
	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	
SECTOR 1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	df_1
SECTOR 2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	df_2
SECTOR 3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	df_3
VALOR AGREGADO	v_1	v_2	v_3	

Los coeficientes técnicos se calculan como la razón de la proporción que existe entre los insumos intermedios y el insumo total, correspondiente a cada sector. De manera matemática:

$$a_{ij} = (q_{ij})/q_j \quad (2)$$

Donde i representa el sector renglón y j el sector columna en el cual se localiza un coeficiente. Despejando q_{ij} , tenemos:

$$q_{ij} = a_{ij} \cdot q_j \quad (3)$$

Sustituyendo la ecuación (3) en (1) del lado de la oferta, tenemos:

$$\begin{aligned} q_1 &= a_{11}q_1 + a_{12}q_2 + a_{13}q_3 + df_1 \\ q_2 &= a_{21}q_1 + a_{22}q_2 + a_{23}q_3 + df_2 \\ q_3 &= a_{31}q_1 + a_{32}q_2 + a_{33}q_3 + df_3 \end{aligned} \quad (4)$$

La ecuación anterior permite definir la producción de cada sector en función de la demanda intermedia y final. En forma matricial, puede escribirse de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} df_1 \\ df_2 \\ df_3 \end{bmatrix} \quad (5)$$

En general la ecuación (5), se puede reordenar como sigue:

$$q = Aq + df \quad (6)$$

Esta relación es el sistema básico de ecuaciones de Insumo - Producto. La matriz A se denomina de coeficientes técnicos o de insumo-producto, el vector q es el de producto y el vector df es el de demanda final. Si despejamos df de la ecuación (6) tenemos:

$$q - Aq = df \quad (7)$$

Factorizando tenemos:

$$(I - A)q = df \quad (8)$$

En este caso, I representa la matriz de identidad o unitaria, si despejamos q de (8) obtendríamos un cociente; como en el álgebra matricial no se puede ejecutar una división en la forma ordinaria, entonces si deseamos dividir una matriz entre otra, multiplicamos la primera por la recíproca o inversa de la otra, de tal forma que al hacer el despeje tendremos:

$$q = (I - A)^{-1} df \quad (9)$$

Donde $(I - A)^{-1} = R$ es la inversa de la matriz y se le conoce como inversa de Leontief. La inversa de Leontief es la que representa en la tabla 2.14 que se denomina de coeficientes totales.

Tabla 2-15 Coeficientes Totales (INEGI, 2013).

INSUMO	DEMANDA INTERMEDIA		
	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3
SECTOR 1	r_{11}	r_{12}	r_{13}
SECTOR 2	r_{21}	r_{22}	r_{23}
SECTOR 3	r_{31}	r_{32}	r_{33}

Los coeficientes totales, también son llamados coeficientes de requerimientos directos e indirectos, y una de las características de esta matriz, es que r_{ij} es mayor o igual que cero y menor que uno. La explicación desde el punto de vista económico, es que, en el primer caso, como no puede haber producción negativa, todo debe ser positivo, y cero cuando no existe interdependencia alguna con los demás sectores; y en el segundo caso, todos los elementos de la diagonal principal son por lo menos igual a uno, porque además de producir una unidad de demanda final, tendrá que fabricar los insumos necesarios para satisfacer directa o indirectamente la producción de esa unidad; es igual a uno cuando no existe ninguna relación intersectorial, más que consigo mismo (INEGI, 2013).

De tal forma que un ciclo de necesidades de insumos requiere otro ciclo de insumos que a su vez requiere otro ciclo más, esta cadena de interacciones tiende hacia el infinito, pero la suma de todas esas reacciones en cadena se determina a partir del valor de la inversa de Leontief.

2.5.4.2 Sistema de clasificación industrial de américa del norte

El Sistema de Clasificación Industrial de América de Norte (SCIAN), fue construido con base en un marco conceptual, el de función de producción o proceso de producción, que oriento su construcción en la medida de lo posible.

El SCIAN está compuesto por 20 sectores de actividad, cinco son esencialmente productores de bienes y 15 son por completo productores de servicios (aunque la distinción entre bienes y servicios no se refleja de manera explícita en la estructura). La estructura jerárquica del SCIAN está conformada por cinco niveles de agregación: sector (el nivel más agregado, identificado con dos dígitos), subsector (identificado con tres dígitos), rama (identificada con cuatro dígitos), subrama (identificada con cinco dígitos) y clase de actividad (el nivel más desagregado, identificada con seis dígitos) (INEGI, 2013).

El SCIAN (2013), consta de cinco niveles de agregación: sector, subsector, rama, subrama y clase de actividad económica. El sector se divide en subsectores. Cada subsector está formado por ramas de actividad, las cuales se dividen en subramas. Las clases, por su parte, son desgloses de las subramas, como se muestra en el esquema. En las figuras 2.10., se observa cómo se subdividen las actividades y en la tabla 2.16., La numeración según el nivel de agregación.

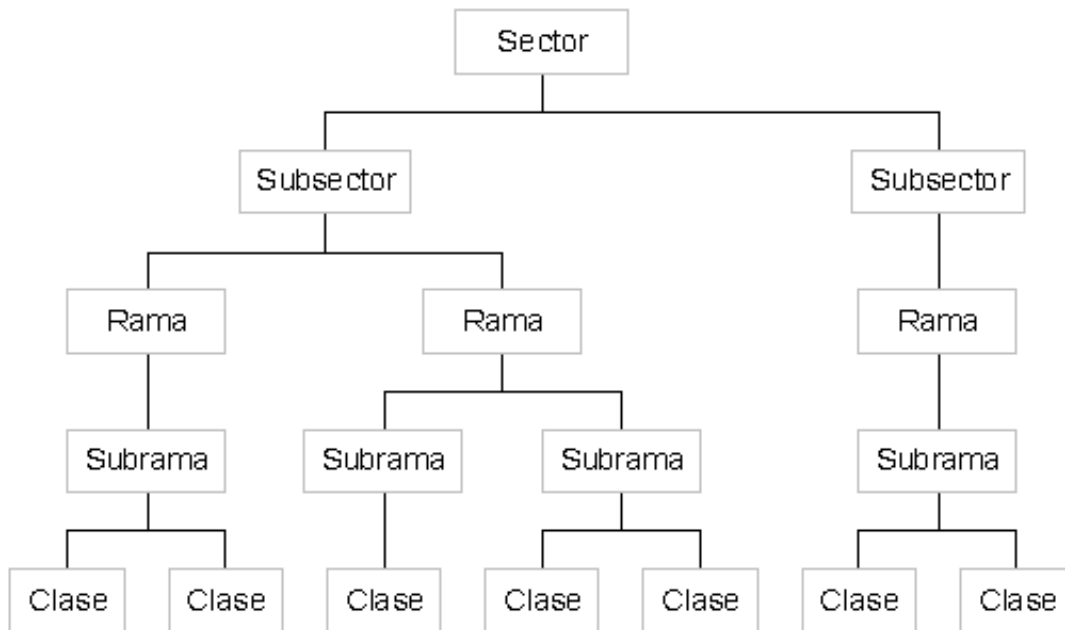


Figura 2-10 Clasificación del SCIAN.
Fuente: INEGI, 2013.

Tabla 2-16 Numeración para cada nivel de agregación SCIAN.

<i>Nivel de agregación</i>	<i>Número de categorías en cada nivel de agregación</i>
Sector	20
Subsector	94
Rama	303
Subrama	614
Clase	1059

Fuente: INEGI, 2013.

El uso del Insumo-Producto para la obtención de datos de ACV, es una metodología científicamente robusta que facilita la toma de datos para la elaboración de inventarios, los datos insumo producto son confiables, son el reflejo de los gastos de insumos y de la producción en cada uno de los sectores de la industria mexicana; esta información ayuda a la realización de evaluaciones de impacto ambiental con datos nacionales, lo cual es un apoyo en el proceso de toma de decisiones y la planeación estratégica. Debido a lo anterior, en esta tesis se usará dicha metodología para abordar los impactos ambientales, específicamente, emisiones GEI del sector vivienda.

2.5.5 EL INSUMO - PRODUCTO Y EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA EN LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LA CONSTRUCCIÓN

La metodología ACV ha sido ampliamente utilizada para evaluar los impactos ambientales que ocurren durante el ciclo de vida de un edificio y para presentar resultados objetivos y transparentes (Crawford, 2008; Tukker, 2000). Generalmente, existen tres tipos de metodologías ACV, el primero se basa en procesos, otro es el ACV de Insumo - Producto (IP - ACV) y por último el ACV híbrido que es la combinación de los dos anteriores (Williams, 2004; Williams et al. 2009).

El ACV de procesos se ha aplicado ampliamente a la industria de la construcción, en la evaluación de materiales constructivos y en el análisis de edificios, Cole por ejemplo evaluó los impactos de los diferentes materiales estructurales, y los impactos relativos de energía incorporada y recurrente (Cole & Kernan 1996; Cole, 1999). Otros estudios trabajaron el ACV de edificios residenciales (Adalberth et al. 2001; Gerilla et al. 2007; Peuportier, 2001; Thomark 2002; Schreuer et al 2003; Huberman y Pearlmutter, 2008; Blengini 2009; Ortiz et al. 2009a, b; Marique y Reiter 2010; Verbeeck y gallinas 2010). También se han realizado investigaciones asociadas a edificios de oficinas (Scheuer et al. 2003; Xing et al. 2008).

También se han llevado a cabo estudios de comparación de viviendas en España, Colombia (Ortiz-Rodríguez et al. 2010), México (Dominguez, 2013) Los resultados de estos estudios mostraron que

la diferencia del consumo en las viviendas no sólo se debe a las diferencias bioclimáticas, sino también debido a los hábitos de consumo de cada país. La importancia de los hábitos de consumo de los ciudadanos y la necesidad de disociar el desarrollo socio-económico del consumo de energía son buscados para lograr la sostenibilidad desde una perspectiva de ciclo de vida. (Ortiz-Rodríguez et al. 2010). El clima, las diferencias económicas, tecnológicas definen claramente el nivel de consumo de un edificio en cualquier contexto y en cualquier región.

En el Reino Unido Cuellar-franca (2012) realizó una evaluación de ciclo de vida completo de tres tipos de viviendas con un enfoque de la cuna a la tumba durante 50 años de vida de la vivienda.

El ACV basado en procesos puede presentar resultados más precisos cuando los datos se encuentran disponibles, ya que determina directamente las cantidades de recursos utilizados en el proceso de fabricación de bienes y evalúa los impactos ambientales (Treloar, 1997).

Sin embargo, la LCA basada en el proceso es sistemáticamente incompleta porque es imposible considerar todas las etapas de la cadena de producción de los bienes debido a la complejidad de los procesos ascendentes (Hendrickson et al. 1997; Lave et al. 1995) y descendentes que se encuentran ocultos y no pueden ser calculados

Por lo tanto, el LCA de procesos no es suficiente para evaluar los impactos ambientales de productos complejos como la urbanización del territorio, por esta razón la combinación de LCA y el análisis Insumo - Producto es una herramienta que puede ser usada para contabilizar las interdependencias entre los diferentes sectores de la economía; esta información puede ser usada en análisis relacionados con el medio ambiente, y se ha aplicado desde principios de los años noventa (Suh y Huppes, 2002), lo cual es conocido como el IO – ACV.

En la revisión bibliográfica se encontraron estudios como el de Suh et al. (2005), que desarrollo un estudio en una PYME de Corea del Sur, que producía componentes de equipos electrónicos tales como estaciones de base de comunicaciones móviles. Yang and Suh (2011), evaluaron los impactos ambientales de la economía China por ser parte integral de la cadena global de suministro a nivel mundial, en este trabajo, se desarrolla una base de datos sectoriales ambientales para la evaluación de ciclo de vida IO-ACV. Los gastos en alimentos y otras necesidades básicas del hogar, como calefacción y la cocción de alimentos, desempeñaron un papel dominante en la generación de impactos ambientales en China.

Norman et al. (2006) compararon edificios multifamiliares y viviendas unifamiliares en Toronto - Canadá, calcularon el uso de energía y las emisiones de GEI. Se utilizó la IO – ACV para estimar los impactos ambientales de la fabricación de materiales necesarios para la construcción de las edificaciones. Para las operaciones de construcción se utilizaron conjuntos de datos públicos promediados a nivel nacional y se utilizaron datos detallados específicos de ubicación para el área del Gran Toronto para el transporte público y privado. El consumo de energía y las estimaciones de emisiones de GEI por persona-kilómetro para diferentes modelos de transporte se tomaron del informe presentado anteriormente por Kennedy (2002). También el análisis IO - ACV realizado en este estudio reveló el hecho de que los materiales de construcción más importantes que contribuyen a la energía incorporada y GEI para construcciones multifamiliares y unifamiliares fueron, ladrillo, ventanas, paneles de yeso y concreto estructural utilizado en los edificios. Estos

cuatro materiales combinados representaron el 60-70% de los impactos totales relacionados con la energía y la producción de GEI.

Guggemos y Horvath (2005) compararon los efectos ambientales de los edificios de acero y hormigón enmarcados usando dos métodos, el LCA basado en procesos y el IP - ACV, para evaluar los efectos ambientales del ciclo de vida de cada edificio a través de diferentes fases: fabricación de materiales, construcción, uso, mantenimiento y fase de demolición. Los resultados mostraron que el marco estructural de hormigón tenía más uso asociado de energía y emisiones debido a un proceso de instalación más largo. Onat et al, (2014) realizó el cálculo de la Huella de Carbono desarrollando un Inventario Ciclo de Vida Híbrido para las etapas de construcción, uso y eliminación de edificios residenciales y comerciales por medio de identificar las transacciones económicas.

Hong et al. (2016) desarrollados cálculos de la energía incorporada en componentes prefabricados a través del ciclo de vida de las viviendas, Säynäjoki et al. (2017), realizó un análisis detallado de 116 casos en 47 artículos, en los cuales se ha abordado el tema de la construcción de edificios y viviendas, el objetivo de esta revisión fue identificar si se han desarrollado métodos que permitan analizar la política pública.

Otros estudios de relevancia son los que se han realizado calculando de Huellas de Carbono, empleando la categoría de impacto de cambio climático y el enfoque de ciclo, por ejemplo Markaki et al. (2017) calculo la Huella de Carbono de los hogares Griegos durante 25 años, con un modelo de IP, incluyó las emisiones directas de CO₂ procedentes de los hogares, las emisiones indirectas de CO₂ derivadas del consumo eléctrico y las emisiones indirectas de CO₂ procedentes de la energía utilizada en la producción de bienes y servicios adquiridos por los hogares, nacionales o importados, Tatari. et al. (2015), evalúa la sostenibilidad en los edificios mediante el enfoque de ciclo de vida, teniendo en cuenta indicadores sociales, económicos y la cadena de suministro de los edificios.

Perkins et al. (2009), calculo la Huella de Carbono de transporte en la ciudad de Adelaida – Australia, comparando los hogares del centro urbano y los suburbanos; el análisis incluyó las emisiones de CO₂ generadas por los viajes motorizados de las viviendas, para el análisis se emplearon las tablas Insumo – Producto australianas publicadas en 1990. Chao et al. (2013), realizó un análisis de los impactos ambientales que genera el transporte en las ciudades y como la localización de las viviendas contribuye a la sostenibilidad de las ciudades.

3 METODOLOGÍA

Para el desarrollo de esta investigación se construyó la siguiente información base para la elaboración del ICV, calcular los impactos ambientales asociados al ciclo de vida de la VIS en México y determinar la Huella de Carbono durante el periodo 2000 – 2012.

3.1 CLASIFICACIÓN DE LAS ZONAS METROPOLITANAS

Para la clasificación de las ZM, se parte del estudio realizado por Eibenschutz (2009) titulado *El Estudio de la Integración urbana y social en la expresión reciente de las ciudades en México 1996 - 2006*, donde se presenta una clasificación de ZM según el tamaño de la población, la cual se asume para esta investigación, cabe aclarar que el trabajo realizado por Eibenschutz et al. (2009), tomaba en cuenta las ciudades más representativas de México con desarrollos habitacionales de VIS durante el periodo de su estudio. En la tabla 3.1 se observa la clasificación de las ZM para esta investigación.

Tabla 3-1 Clasificación de las Zonas Metropolitanas.

ZONA METROPOLITANA	HABITANTES
Pequeña	100,000 a 499,999
Mediana	500,000 a 999,999
Grande	1,000,000 a 4,999,999
Mega Ciudades	5,000,000 en adelante

Para esta investigación las ZM de México se clasificaron de acuerdo con su población en pequeñas: de habitantes, medianas: de habitantes, grandes: de millones de habitantes y mega ciudades:

3.2 GEOREFERENCIACIÓN DE LOS DESARROLLOS HABITACIONALES

En cada una de las 59 ZM de México se verifico por medio de imágenes satelitales de libre distribución (Google Earth) si se encontraban desarrollos habitacionales durante el periodo del 2000 al 2012. En 54 ZMM se encontraron desarrollos habitacionales que son las que se analizan en este trabajo.

A partir de imágenes satelitales Google Earth (2014) se calculó la superficie de cada desarrollo habitacional (<http://www.freemaptools.com/>) y tomando ese dato como referencia se determinó el número de unidades de vivienda construidas según el Código de Edificación de la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI, 2010). Luego de conocer la ubicación de la VIS se determinaron los kilómetros recorridos origen destino de los habitantes de las viviendas hacia el centro de las áreas metropolitanas, haciendo uso de las imágenes satelitales e identificando las principales vialidades

para el recorrido. En la figura 3.1., se presenta la metodología para la elaboración de los datos base del ICV.

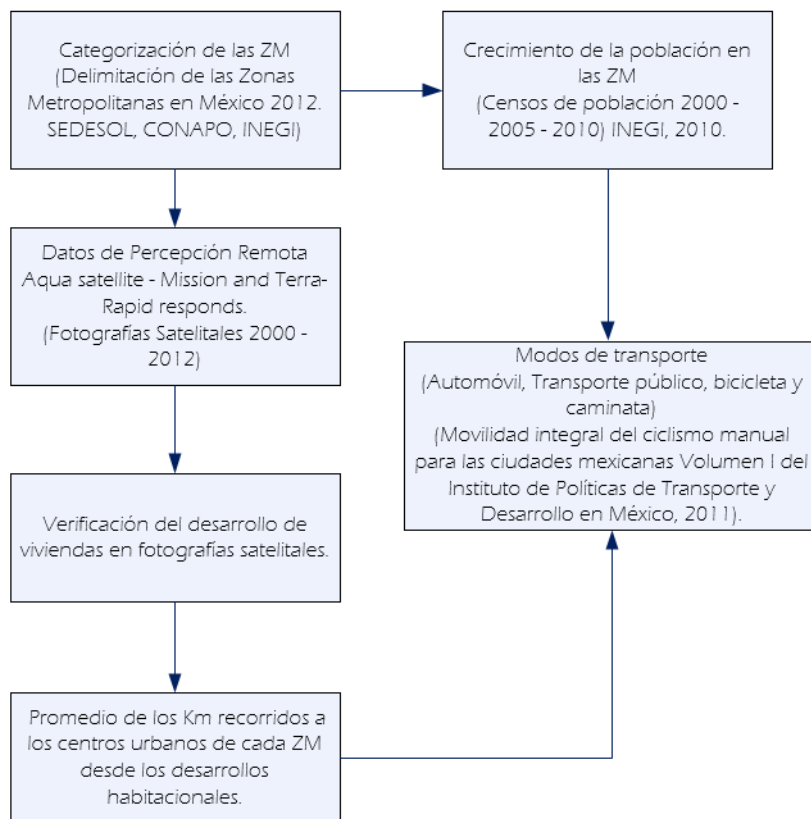


Figura 3-1 Metodología para la elaboración de los datos base.

3.3 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN MÉXICO 2000 – 2002

Este proyecto de Investigación sigue la metodología propuesta por la norma ISO-14040 (2006), (Environmental Management – Life Cycle Assessment), de este modo se abarcan las cuatro fases que requiere un ACV de una manera sistemática y estandarizada.

3.4 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

3.4.1 OBJETIVO

Determinar los impactos ambientales de la Política Pública de Vivienda de Interés Social de México durante el 2000 - 2012, empleando la metodología Análisis Ciclo de Vida para la elaboración de inventarios y evaluación de impactos.

3.4.2 UNIDAD FUNCIONAL

La unidad funcional de este estudio es la cantidad de VIS construidas en México durante el período 2000 al 2012, como resultado de la Política Nacional de Vivienda de Interés Social, se contruyeron 7, 610,258 millones (SHF, 2013), distribuidas en 54 ZM de México que representan el 60% del territorio nacional

3.4.3 FLUJOS DE REFERENCIA

En México la tipología de vivienda es diversa, para este estudio se tuvo en cuenta la VIS construida durante el 2000 al 2012, se encontraron tres tipos de vivienda que se relacionan en la tabla 3.2 y se estableció trabajar con una vivienda estándar de 45 m².

Tabla 3-2 Tipología de Vivienda por superficie construida.

Tipo de Vivienda	Área	Características Funcionales
Vivienda Económica	30 m ²	Baño Cocina Área de usos Múltiples
Vivienda Popular	42.4 m ²	Baño Cocina Estancia comedor de 1 a 2 recámaras
Vivienda Tradicional	62.5 m ²	Baño Cocina Estancia comedor de 2 a 3 recámaras

3.4.3.1 Descripción del sistema

En la figura 3.2., se visualizan los límites del sistema que se van a evaluar, se planeta determinar cuáles son los impactos ambientales durante el ciclo de vida de la edificación de la VIS en México, partiendo desde la extracción de los materiales, manufactura de los materiales de construcción, construcción de la vivienda, uso de la vivienda, demolición de la vivienda y por último la disposición y reciclaje de los residuos de construcción y demolición (RCD).

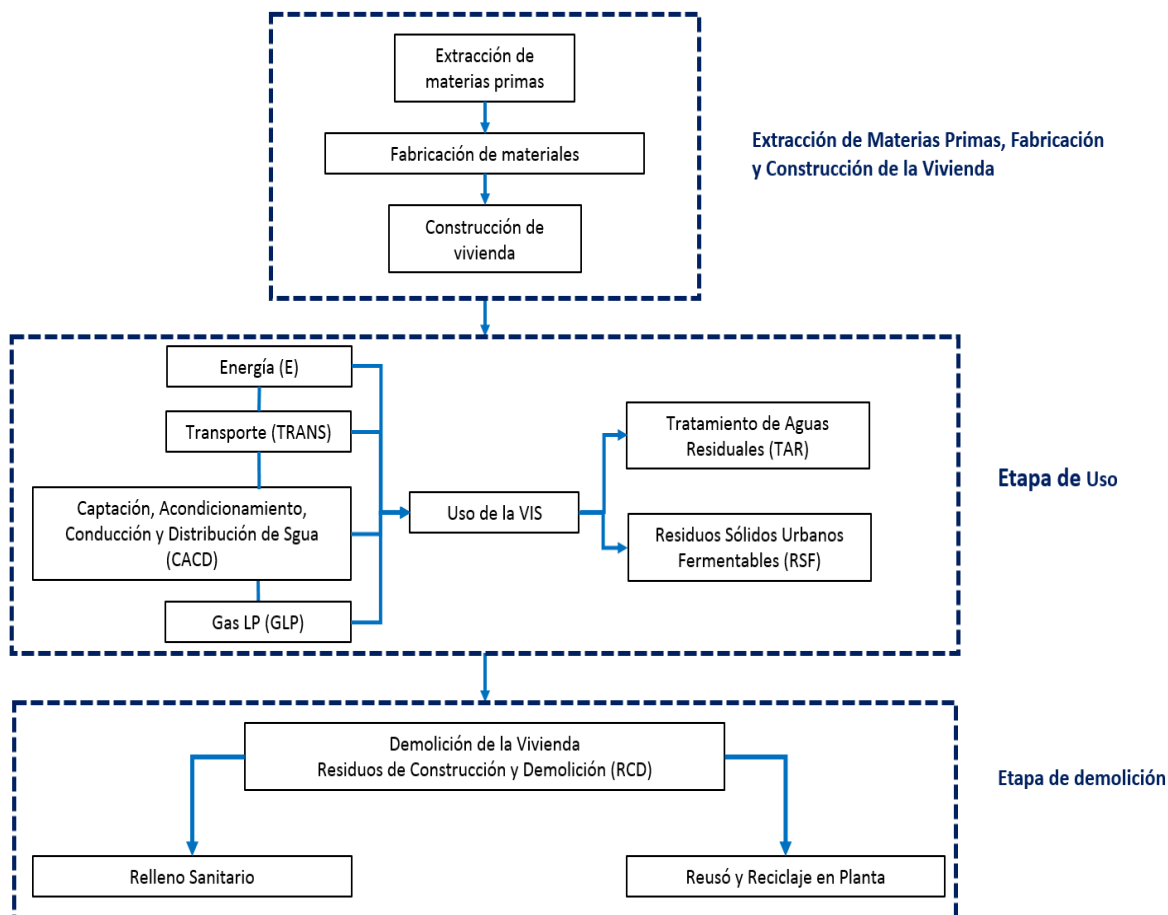


Figura 3-2 Descripción del Sistema de la VIS.

3.4.3.2 Límites del sistema

- Extracción de las materias primas
- Fabricación de los insumos para la edificación de VIS en México
- Construcción de la VIS
- Uso de la vivienda: energía, transporte, consumo de gas LP, consumo de agua, tratamiento de aguas residuales y disposición de residuos fermentables, en una vivienda construida de 45 m², para 4.5 personas durante 50 años, según clasificación de vivienda del Código de Edificación de Vivienda (CONAVI, 2010).
- Reciclaje y disposición de los residuos de construcción y demolición

3.5 ELABORACIÓN DEL INVENTARIO CICLO DE VIDA

En este estudio la unidad funcional que se eligió para determinar los impactos ambientales durante el ciclo de vida de la vivienda y su Huella de Carbono fue el total de viviendas construidas durante el periodo de estudio 2000 al 2012 que corresponde a 7,610,258 de viviendas (INEGI, 2012).

Se consideró que las viviendas construidas durante el periodo de estudio fueron de 45 m² y el número de habitantes por vivienda es de 4.5 personas (CONAVI, 2010), de acuerdo con las características de los subsidios de la VIS y los créditos bancarios, se asume que dos personas del núcleo familiar se trasladan diariamente.

La elaboración del inventario de ciclo de vida se realizó bajo un enfoque híbrido (Suh, 2002, Nápoles, 2011), para las etapas iniciales de la cadena de valor de la vivienda de interés social: extracción de materias primas, fabricación de insumos para la industria de la construcción y la construcción de las viviendas. Para las etapas de uso de la vivienda y fin vida, la elaboración de inventario de ciclo de vida se realizó bajo el enfoque de flujo de procesos, cuantificando las entradas y salidas de cada una de las etapas (Figure 3 .3).

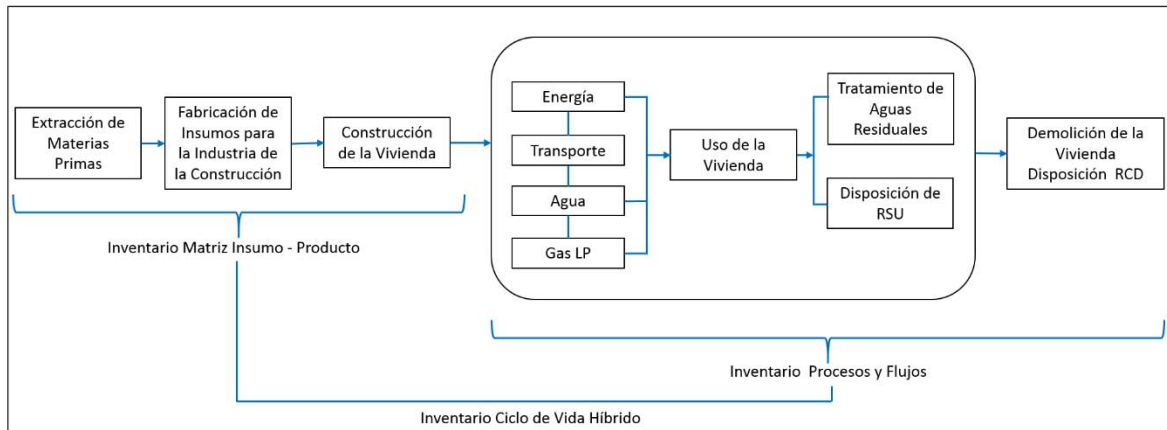


Figura 3-3 Sistema de vivienda de interés social y enfoques utilizados para la construcción del inventario de ciclo de vida.

3.5.1 INVENTARIO CICLO DE VIDA INSUMO - PRODUCTO PARA LAS ETAPAS EXTRACCIÓN DE MATERIALES, MANUFACTURA Y CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA

El análisis de las matrices IP se realiza bajo dos enfoques, por una parte, identificando la relación que mantienen los sectores económicos con la construcción de vivienda específicamente y, por otro lado, analizando los sectores asociados al ciclo de vida de la vivienda, considerando la clasificación del SCIAN (2013), donde se especifican las actividades económicas y consideraciones generales de los procesos que toma en cuenta cada subsector. En el análisis de los datos se utiliza el nivel de desagregación en subsectores considerando aquellos que tienen incidencia en la construcción de vivienda, en la figure 3.4. se observa la metodología que se emplea para la elaboración de la matriz Insumo – Producto de la VIS en México para la elaboración del ICV – IP de las etapas de extracción de materiales, manufactura y construcción de vivienda.

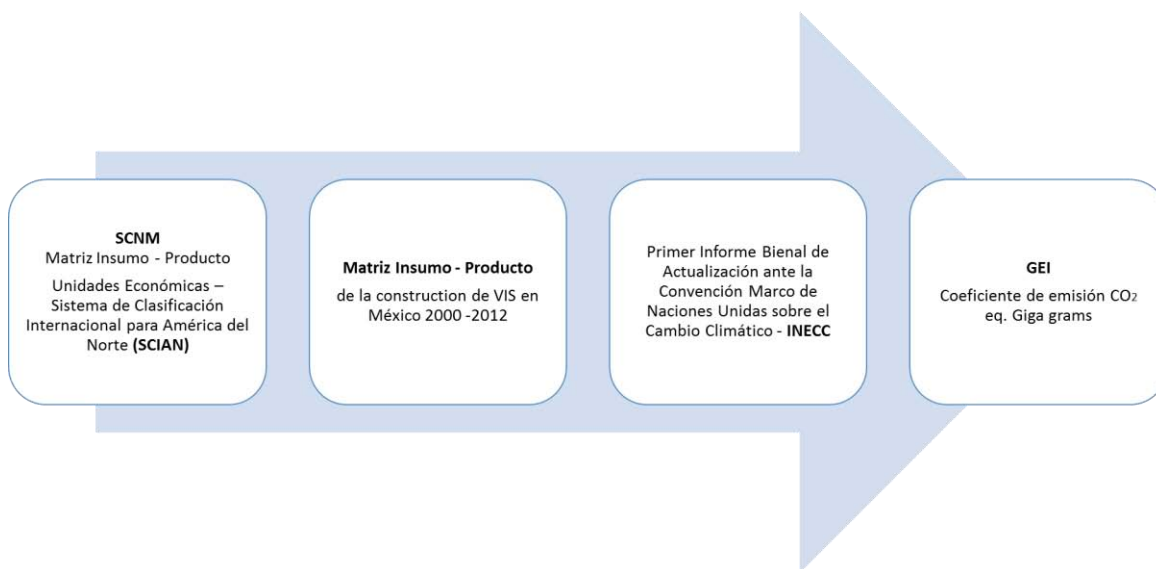


Figura 3-4 Metodología.

Para esta investigación en particular se analizarán las MIP publicadas por el INEGI en los años 2003, 2008 y 2012, estas matrices se publican periódicamente en tres niveles de desagregación sector, subsector y rama excepto la del 2003 que solo se encuentra por sector y subsector, por lo cual se emplean las publicadas para subsectores en un nivel de desagregación medio y se asume que el 87% de los valores totales de demanda final correspondían a la construcción de VIS (Universitario, 2012). Los valores de demanda final de las MIP se transformaron de moneda nacional mexicana a dólares según tasa de cambio del año de publicación.

Los subsectores de las MIP se toman de la estructura de clasificación de las actividades económicas que se encuentran en el SCIAN (SCIAN, 2013).

Para determinar la emisión de GEI, en unidades de CO₂ equivalente, de cada uno de los subsectores que intervienen en el ciclo de vida del caso de estudio, partimos de la información publicada en el Primer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2015).

En este caso se tomaron las emisiones de GEI - AR4 a 100 años del cuarto informe de evaluación del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (INECC, 2015), los GEI se expresan en Gigagramos de bióxido de carbono equivalente (Gg CO₂ eq.), obtenidas al considerar el potencial de calentamiento global (PCG) de seis gases: bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆).

El coeficiente de emisión (CE) se calcula por subsector con la siguiente formula (10):

$$CEi = \frac{Ggi}{Pi} \quad (10)$$

Donde CEi = Coeficiente de Emisión para el periodo de estudio de emisión del subsector i, Ggi = Giga gramos totales durante el periodo de estudio de GEI del subsector i, Pi Valor total de demanda del subsector i para el periodo de estudio.

3.5.2 INVENTARIO CICLO DE VIDA FLUJOS Y PROCESOS PARA LAS ETAPAS DE USO Y FIN DE VIDA DE LA VIVIENDA

El inventario se construye con los datos base que se describieron anteriormente, en la figura 3.5, se presenta la metodología para la elaboración del ICV por flujos y procesos de las etapas de uso y disposición de RCD.

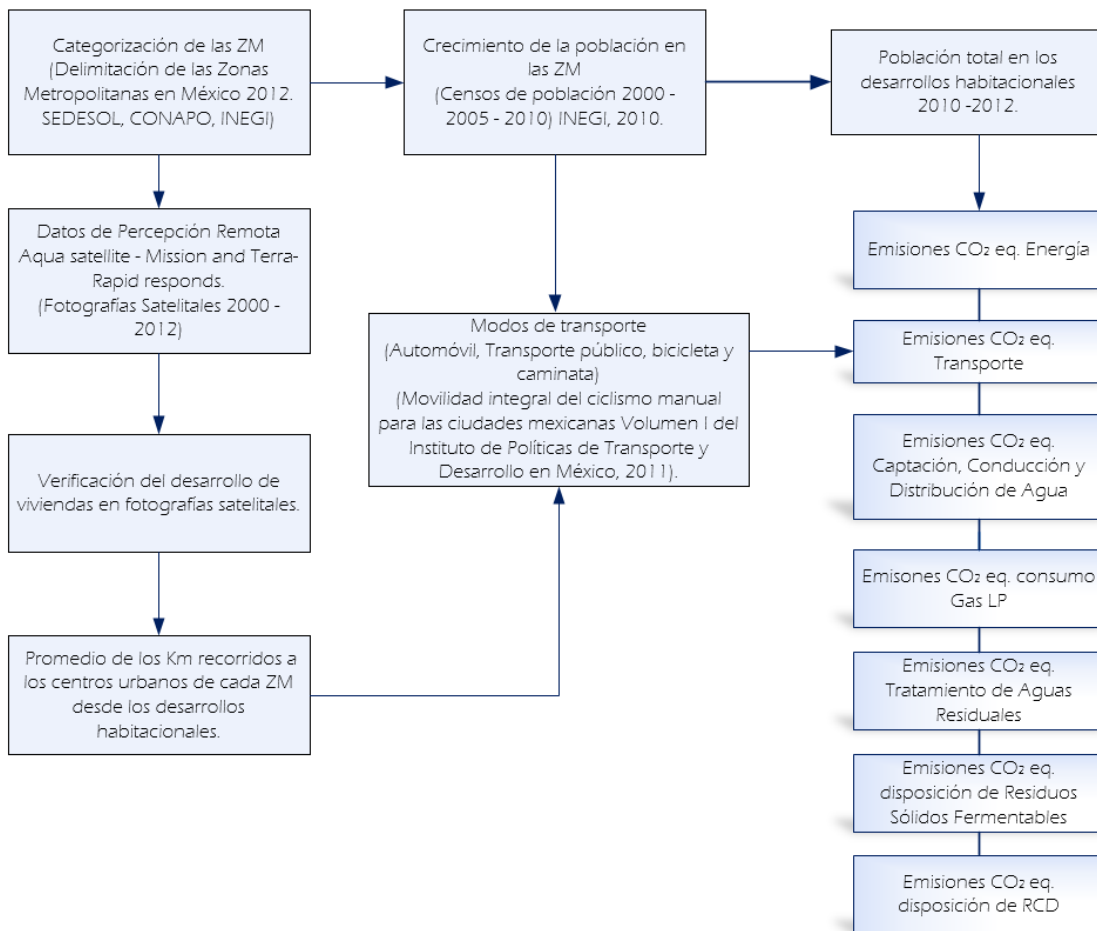


Figura 3-5 Metodología aplicada en la elaboración de ICV.

Para determinar las emisiones por uso de energía, se consideró la demanda energética para la vivienda de interés social por trimestre (Sánchez, 2012). También se realizó un promedio de los factores de emisión eléctricos para el periodo de estudio del 2000 al 2012 de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), (2010) (Tabla 3.3).

Los factores de emisión que se emplearon para calcular la Huella de Carbono de cada uno de los medios de transporte en México (Automóvil, Autobús y Metro) fueron tomados del inventario de emisiones de GEI desarrollado por Güereca et al (2013), se consideró el potencial de calentamiento global (PCG) del IPCC de AR4 a 100 años, CO₂ (1), CH₄ (25) y N₂O (298) según (INECC, 2015).

Para calcular el aporte de CO₂ eq en el consumo de agua se empleó el promedio publicado por (Farell et al. 2013), allí se analiza el consumo de agua según la Región Hidrológico – Administrativas (RHA) de México, el promedio del consumo a nivel nacional varía según las regiones geográficas del país y el factor de emisión empleado para la captación, acondicionamiento, conducción y distribución de agua fue el calculado por (Reygadas et al. 2013).

En el cálculo de emisiones por residuos sólidos urbanos y en particular los orgánicos o fermentables, se consideró un promedio para México de 1 kg diario por habitante, además, se calculó el porcentaje de residuos fermentables y se cuantificaron las emisiones de CO₂ eq, según Güereca (2006) (Tabla 3.3).

Es importante aclarar que las emisiones de energía y de residuos fermentables se consideraron en un periodo de seis años, por el tiempo de construcción de los desarrollos habitacionales que no hace parte de la etapa de uso y por el índice de vivienda abandonada en México que para el 2010 llegó al 14.2% (OCDE, 2015).

Se determinó el consumo de agua potable de los desarrollos habitacionales por ZM, basados en la información publicada por Farell (2013) (Anexo A) y tomando estos datos como referencia se calcularon las emisiones de GHG para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la VIS. En este caso se adoptó el factor de emisión publicado por Noyola et al. (2013), para lagunas de estabilización (stabilization ponds) de 13 L/s, por tratarse del sistema y tamaño de tratamiento más comúnmente utilizado en México. Para el cálculo del consumo de Gas LP en las VIS, se encontró que una vivienda promedio consume 1.8 Litros de Gas LP al día de acuerdo a Nolasco (2010). Basados en esta información se elaboró el inventario y se calcularon los consumos del periodo de estudio. En la Tabla 3.3 se observan el factor de emisión que se utilizó para el cálculo del Gas LP.

Para calcular las emisiones GEI por disposición de residuos de construcción y demolición (RCD) generados al final de la vida útil del total de las viviendas construidas, se estableció un escenario de disposición que considera que el 75% de los RCD van a relleno sanitario (RCDV) y el 25% son valorizados para reúso y reciclaje (RDCRR). Lo anterior se basa en el Proyecto de Norma Ambiental para el Distrito Federal PROY-NADF-011-AMBT-2013, publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal del 4 de agosto del 2014. Los factores de emisión fueron tomados de Craighill and Powell (2003), debido a que no se cuenta con datos del país (Tabla 3.3).

Tabla 3-3 Descripción de factores de emisión por actividad considerados en este análisis para la etapa de uso de la vivienda y disposición de RCD.

Actividad	Consumos	Factor de Emisión
Energía (E)	975.33 Mj * mes (Sánchez, 2012)	0.5890 Kg de CO ₂ eq / kWh (SEMARNAT, 2012)
Transporte (TRANS)	29% del total de la población (Hábitat, O.N.U., 2015)	Car: CO ₂ = 0.23, CH ₄ = 5.00E-05, N ₂ O = 2.00E-05 (Güereca, 2013)
	60% del total de la población (Hábitat, O.N.U., 2015)	Bus: CO ₂ = 7.00E-01, CH ₄ = 4.00E-05, N ₂ O = 2.00E-05 (Güereca, 2013)
	8% del total de la población (Hábitat, O.N.U., 2015)	Subway: CO ₂ = 9.00E-09, CH ₄ = 0.0, N ₂ O = 0.0 (Güereca, 2013)
Agua (Captación, Acondicionamiento, Conducción y Distribución) (CACTD)	104.53 m ³ / hab. año Barrill et al. 2013)	0.26 Kg de CO ₂ eq/m ³ (Reygadas, et al. 2013)
Gas LP (GLP)	1.8. liters per day (Nolasco, 2010)	4.6672 Kg de CO ₂ eq/m ³ (Nolasco, 2010)
Tratamiento de Aguas Residuales (TAR)	104.53 m ³ / hab. año Barill et al. (2013)	0.75 Kg CO ₂ eq/m ³ (Noyola et al. 2013)
Disposición de Residuos Sólidos Fermentables (RSF)	1 kg diario por habitante y 50.4% de residuos fermentables (SEMARNAT, 2010)	CH ₄ = 316 g/m ³ (Güereca, 2006)
Residuos de Construcción y Demolición (RCD)	75% del total a relleno sanitario (RCDRS), 25% del total para reusó y reciclaje (RDCRR) Proyecto de Norma Ambiental para el Distrito Federal PROY-NADF-011-AMBT-2013	RDCRS = 12,6 Kg of CO ₂ eq/1000 t RDCRR = 6.56 Kg de CO ₂ eq/1000 t (Craighill and Powell, 2003)

3.5.3 EVALUACIÓN DE IMPACTO DE CICLO DE VIDA

En esta investigación se realiza la evaluación de impactos bajo el enfoque Ciclo de Vida que permite integrar resultados desde las categorías de impacto seleccionadas y puntualizar en cada una de ellas; en particular para esta investigación se calculó la Huella de Carbono (categoría de cambio climático)

de la VIS en México bajo un enfoque híbrido, también se desarrolló un ACV, para los cálculos se tuvieron en cuenta los siguientes entornos:

- En el ACV de la VIS en México se tuvo en cuenta una vida útil de 50 años de la vivienda y se evaluaron ocho categorías de impacto que se detallan en la tabla 3.4.
- Para Huella de Carbono de la VIS en México se tuvo en cuenta específicamente el periodo del 2000 y 2012 que corresponden a los periodos de la Política Nacional de VIS en México.

La unidad funcional que se utilizó fueron las 7, 610,258 (SHF, 2013) de VIS construidas durante el 2000 al 2012 en México, teniendo en cuenta los sistemas constructivos más representativos (block de concreto hueco o macizo, vigueta y bovedilla) y para la etapa de extracción de materias primas, manufactura y construcción de la vivienda se complementó con la base de datos de Ecoinvent del SimaPro 8.1. Los datos de entrada para el ACV en las etapas de usos y fin de vida son los mismos que se utilizaron para calcular la Huella de Carbono.

En el Inventario se relacionan 27 materiales constructivos que según la revisión de literatura y trabajo experimental son los que se encuentran presentes en el sistema constructivo de block, vigueta y bovedilla (Domínguez, 2013).

3.5.3.1 Categorías de impacto seleccionadas para esta investigación

Las categorías de impacto ambiental evaluadas se presentan en la Tabla 3.4., estas se seleccionaron de acuerdo a la revisión bibliográfica referente al ACV realizados para la vivienda en general y la industria de la construcción (Adalberth et al. 2001; Gerilla et al. 2007; Peuportier, 2001; Thomark 2002; Schreuer et al. 2003; Huberman y Pearlmutter, 2008; Blengini 2009; Ortiz et al. 2009, Marique y Reiter 2010). Se buscó seleccionar las categorías de impacto que proporcionaran una perspectiva en todos los ámbitos, involucrando contaminación al aire, agua y suelo, así como uso de recursos y toxicidad.

Tabla 3-4 Categorías de impacto seleccionadas para el ACV de la VIS en México.

CATEGORÍA DE IMPACTO	CATEGORÍA	UNIDAD DE LA CATEGORÍA DE IMPACTO	FACTOR DE CARACTERIZACIÓN	INICIALES EN INGLÉS
Cambio Climático	CC	Kg CO ₂ eq (al aire)	Potencial de calentamiento global	GWP
Formación de Oxidantes Fotoquímicos	FOF	Kg COVNM (al aire)	Potencial de formación de oxidantes fotoquímicos	POFP
Acidificación Terrestre	AT	Kg SO ₂ eq (al aire)	Potencial de acidificación terrestre	TAP
Eutrofización de agua dulce	EAD	Kg P eq (al agua dulce)	Potencial de eutrofización de agua dulce	FEP
Toxicidad Humana	TH	Kg 1,4-DB eq (al aire urbano)	Potencial de toxicidad humana	HTP
Ocupación de Suelo Agrícolas	OSA	m ² a (tierra agrícola por año)	Potencial de ocupación de tierras agrícolas	ALOP

Agotamiento de Agua (disminución de recursos abióticos)	AA	m ³ (agua)	Potencial de agotamiento de agua	WDP
Agotamiento de fósiles (disminución de recursos abióticos)	AF	Kg oil eq (Petróleo crudo)	Potencial de agotamiento del combustible fósil	FDP

3.5.4 SOFTWARE EMPLEADO EN LA EVALUACIÓN DE CICLO DE VIDA DE LAS CATEGORÍAS DE IMPACTO.

Para la realización de la EICV se utilizó el software SimaPro versión 8.1 de PRé Consultants, este programa informático incluye varias bases de datos asociadas, las cuales contienen datos sobre las entradas y salidas al medio ambiente de los materiales y procesos más utilizados, la base de datos que se utiliza es Ecoinvent que cubre cerca de 4000 procesos, principalmente en Suiza y Europa Occidental. La versión 8.1 tiene bases de datos mexicanas que permiten acercarnos a la realidad del país y tener certeza en los impactos.

El método que se emplea para la Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida es ReCiPe 2008, el cual desarrolla procedimientos de cuantificación del impacto de ciclo de vida, estos procedimientos calculan las emisiones de sustancias peligrosas y extracción de recursos naturales para cada categoría de impacto utilizando indicadores específicos (Goedkoop et al. 2009).

3.5.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Se realiza un análisis de sensibilidad teniendo en cuenta los datos de entrada, se trabaja en desarrollar escenario en la etapa de Extracción de materias primas, fabricación y construcción de la vivienda y en la etapa de uso de la vivienda. En las tablas 3.5, 3.6 Y 3.7 se especifican los escenarios propuestos para desarrollar las comparaciones en cada una de las etapas.

Tabla 3-5 Escenarios propuestos para comparar los materiales constructivos de la VIS.

ESCENARIOS	PESO M ² DE MURO	PESO Kg PIEZA	MORTERO DE PEGA
MURO DE BLOCK HUECO CON AISLANTE EPS 1	100,45 Kg/m ²	5,7 Kg/pza	8,5 Kg/m ²
MURO LADRILLO CERÁMICO	121,87 Kg/m ²	14,2 Kg/pza	19,58 Kg/m ²
MURO DE BLOCK CONCRETO CELULAR	102,60 Kg/m ²	10,98 Kg/m ²	8,5 Kg/m ²

Tabla 3-6 escenarios propuestos para mejorar los consumos de la VIS.

CONSUMO	TECNOLOGÍA	AHORRO	FUENTE
GAS LP	Calentador solar de agua	18 Kg /mes	(Morillón et al. 2003)
ENERGÍA	Reemplazo de Bombillas	10.1 kW/mes	
AGUA	Sistema dual para WC	10.56 m ³ /mes	
	Regadera ahorradora de agua	4.95 m ³ /mes	
	Llaves ahorradoras de agua	4.62 m ³ /mes	

Tabla 3-7 Escenarios propuestos para mejorar los consumos de la VIS.

ZONA METROPOLITANA	KILÓMETROS	FUENTE
ZM Pequeñas	6,97 km	(ITDP, 2012)
ZM Medianas	9,39 km	
ZM Grandes	13,34 km	
ZM Mega Ciudades	20,00 km	

4 DISCUSIÓN Y RESULTADOS

4.1 GEOREFERENCIACIÓN DE LOS DESARROLLOS HABITACIONALES

La figura 4.1 se observa la clasificación y ubicación de las ZM en la república mexicana, en la figura se puede analizar que las ZM que el 50% de las ZM de México son pequeñas y medianas, esto se debe a que el crecimiento extensivo de México a partir de la década de los noventas, lo cual ha impulsado el aumento territorial, amplificando las ZM en México, así por ejemplo en 1990 se contaba con 12 ZM, 55 ZM en el 2000 y 59 ZM en el 2012.

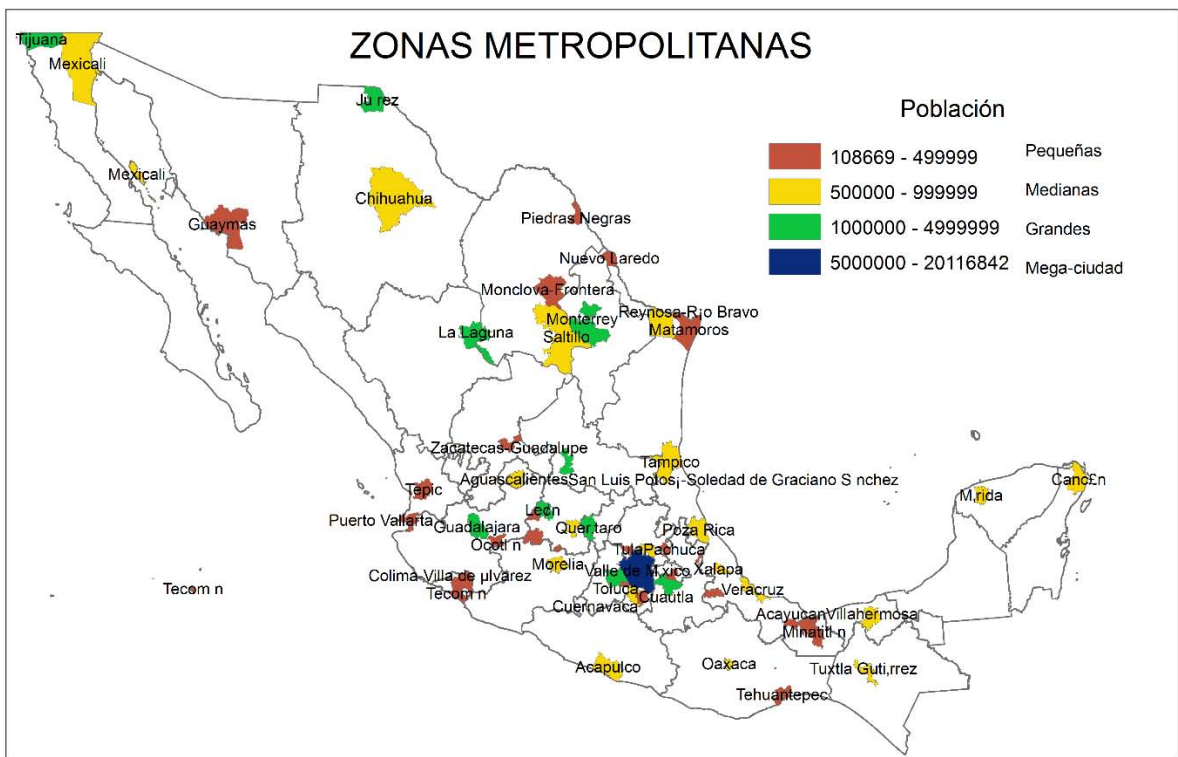


Figura 4-1 Localización de los municipios donde se encuentran las ZM de México bajo análisis.

Fuente: Elaboración propia a partir de la delimitación de CONAPO (2012).

Luego de analizar las fotografías satelitales se encontró que no había evidencia de la construcción de desarrollos habitacionales en 5 ZM de las 59 ZM existentes (CONAPO, 2012) en México. En la tabla 4.1 se muestran las ZM en donde no se entraron desarrollos habitacionales durante el periodo de estudio; estas ZM pertenecen al grupo de ZM pequeñas (100.000 a 499.999 habitantes).

Tabla 4-1 Zonas Metropolitanas donde no se encontraron Desarrollos Habitacionales.

ZONA METROPOLITANA	ENTIDAD FEDERATIVA
ZM de Zamora-Jacona	Michoacán de Ocampo
ZM de Tehuacán	Puebla
ZM de Teziutlán	Puebla
ZM de Rioverde-Ciudad Fernández	San Luis Potosí
ZM de Matamoros	Tamaulipas

Se ubicaron los desarrollos habitacionales empleando herramientas de percepción remota para identificar el año de construcción y obtener la cantidad de viviendas en cada desarrollo. En la figura 4.2, 4.3 y 4.4 se muestran un caso de cada una de las ZM (pequeña, mediana, grande y mega ciudades).

En las Figuras 4.2, 4.3, 4.4, se observa la georeferenciación de los desarrollos habitacionales y los Km recorridos desde las viviendas hasta los centros urbanos que se representa con la línea de color rojo; donde se concentran las oportunidades de trabajo, instituciones educativas e infraestructura de salud entre otros. El promedio de estos recorridos se puede observar en la tabla 4.2.

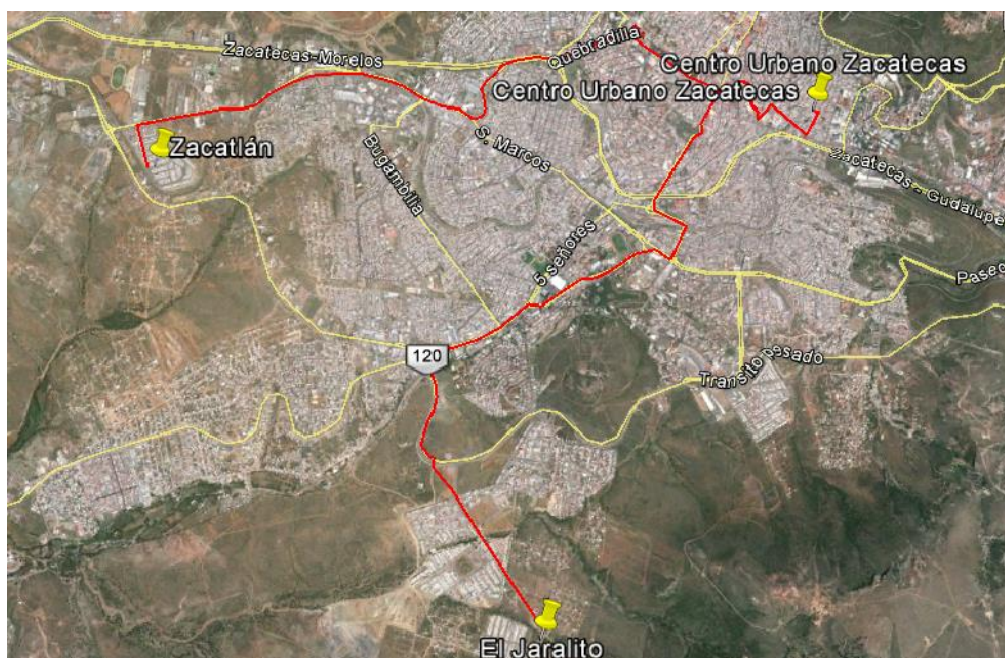


Figura 4-2 ZM pequeña – Zacatecas.
Fuente: Google Earth (2015).

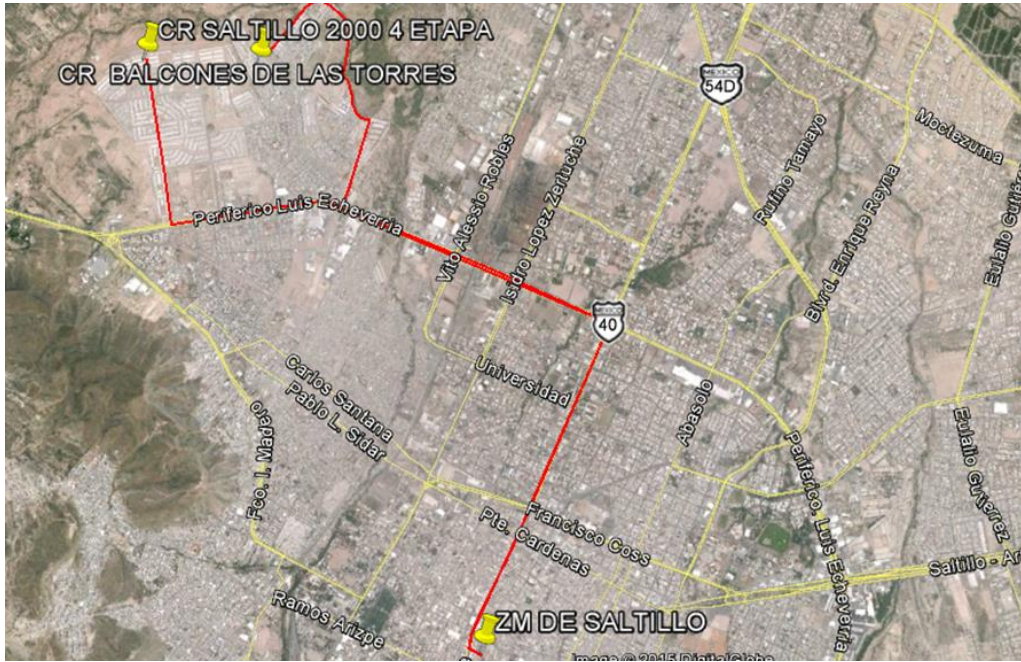


Figura 4-3 ZM Mediana - Saltillo.
Fuente: Google Earth (2015).

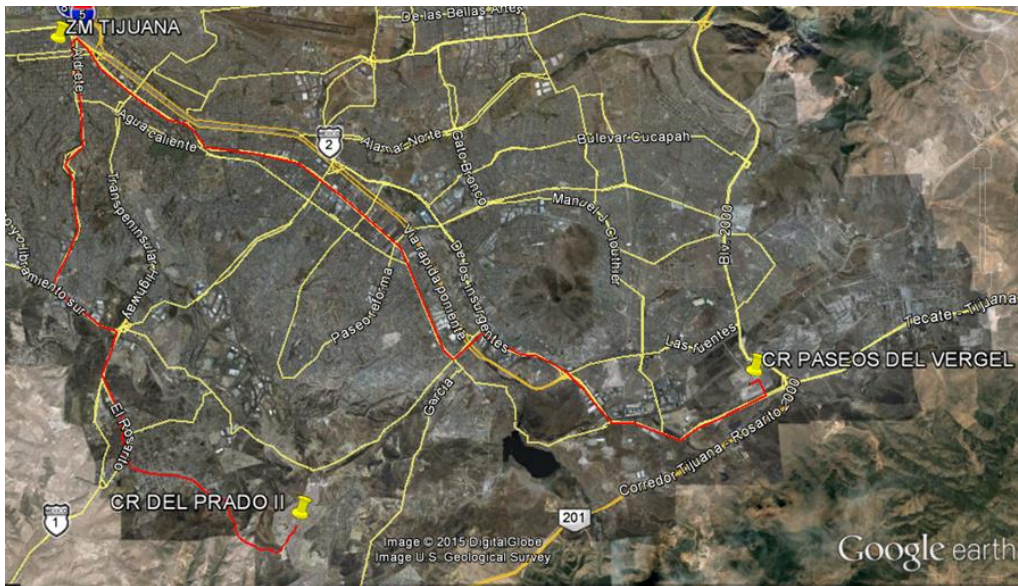


Figura 4-4 ZM grande - Tijuana.
Fuente: Google Earth (2015).

En la tabla 4.2 se compila la información de los desarrollos habitacionales georreferenciados y los kilómetros promedio que se recorren en un trayecto desde la vivienda hasta el centro urbano. Cabe señalar que para efecto de los resultados de Km recorridos se tuvo en cuenta un recorrido de origen hacia el centro y otro de destino de regreso a las viviendas.

Tabla 4-2 ZMM y Km recorridos diariamente en un trayecto.

CATEGORÍA	ZONA METROPOLITANA	UNIDADES DE VIVIENDA CONSTRUIDA DURANTE EL 2000 - 2012	POBLACIÓN	Km RECORRIDOS HACIA EL CENTRO URBANO
ZM PEQUEÑA (100.000 - 499.999 HABITANTES)	ZM Monclova-Frontera	67,053.99	281,626.76	7.30
	ZM Piedras Negras	64,547.23	271,098.38	3.88
	ZM Orizaba	72,821.33	305,849.60	4.15
	ZM Minatitlán	66,173.67	277,929.41	11.40
	ZM Coatzacoalcos	69,662.56	292,582.76	13.10
	ZM Córdoba	69,634.79	292,466.13	8.90
	ZM Acayucan	54,478.55	228,809.93	3.79
	ZM Colima-Villa de Álvarez	79,447.91	333,681.23	4.52
	ZM Tecomán	56,306.04	236,485.39	3.41
	ZM Chihuahua	129,570.20	544,194.85	10.38
	ZM Tulancingo	72,957.60	306,421.91	6.90
	ZM Tula	67,800.10	284,760.44	4.68
	ZM Ocotlán	57,740.68	242,510.86	2.72
	ZM Tianguistenco	65,033.67	273,141.43	14.55
	ZM Cuautla	81,159.19	340,868.61	8.19
	ZM Tepic	93,818.96	394,039.63	8.06
	ZM Tehuantepec	57,443.47	241,262.57	3.98
	ZM Guaymas	61,219.80	257,123.17	7.28
	ZM Nuevo Laredo	86,932.19	365,115.20	15.11
	ZM Tlaxcala-Apizaco	96,212.59	404,092.88	3.35
ZM Zacatecas-Guadalupe	88,771.51	372,840.33	6.25	
ZM Puerto Vallarta	118,932.30	499,515.65	8.43	
ZM Piedad-Pénjamo	59,690.55	250,700.32	7.41	
ZM MEDIANA (500.000 - 999.999 HABITANTES)	ZM Aguascalientes	154,637.26	649,476.50	5.06
	ZM Mexicali	137,893.15	579,151.24	7.65
	ZM Saltillo	144,902.30	608,589.67	10.70
	ZM Tuxtla Gutiérrez	146,721.57	616,230.57	6.11
	ZM San Francisco del Rincón	68,539.02	287,863.88	5.68
	ZM Moroleón-Uriangato	53,759.69	225,790.71	3.17
	ZM Celaya	106,048.85	445,405.17	11.63

	ZM Acapulco	86,292.00	362,426.41	19.30
	ZM Pachuca	119,870.21	503,454.88	9.19
	ZM Morelia	136,587.58	573,667.84	13.41
	ZM Cuernavaca	137,497.21	577,488.29	13.06
	ZM Oaxaca	110,217.01	462,911.44	6.27
	ZM Cancún	175,958.33	739,024.97	9.57
	ZM Villahermosa	128,956.75	541,618.37	9.10
	ZM Reynosa-Río Bravo	153,439.67	644,446.63	8.77
	ZM Veracruz	118,145.56	496,211.36	13.86
	ZM Xalapa	106,691.61	448,104.75	9.62
	ZM Poza Rica	73,121.63	307,110.84	6.37
	ZM Mérida	136,300.14	572,460.59	6.64
	ZM Tampico	107,440.81	451,251.39	12.85
ZM GRANDES (1.000.000 - 4.999.999 HABITANTES)	ZM Tijuana	254,705.98	1,069,765.13	19.02
	ZM Juárez	107,601.24	451,925.21	16.68
	ZM León	224,331.80	942,193.56	6.95
	ZM Guadalajara	427,657.84	1,796,162.92	17.32
	ZM Toluca	288,430.23	1,211,406.95	10.76
	ZM Monterrey	425,575.82	1,787,418.43	17.40
	ZM Querétaro	193,592.01	813,086.46	13.01
	ZM SLP-Soledad de Graciano S.	146,835.72	616,710.02	14.06
	ZM La Laguna	156,559.88	657,551.50	9.24
	ZM Puebla-Tlaxcala	310,683.55	1,304,870.89	8.98
ZM MEGA CIUDADES (5.000.000 HABITANTES)	ZM Valle de México	933,854.66	3,922,189.59	28.79
TOTAL		7,610,258.00	31,963,083.60	517.88

Las figuras 4.5, se representa el comportamiento de los Km recorridos en las ZM pequeñas, se puede observar que las ZM que más Km recorren en sus traslados son la ZM de Nuevo Laredo con 15.11 Km, ZM de Tlanguistenco con 14.55 Km y ZM de Chihuahua con 10.38 Km.

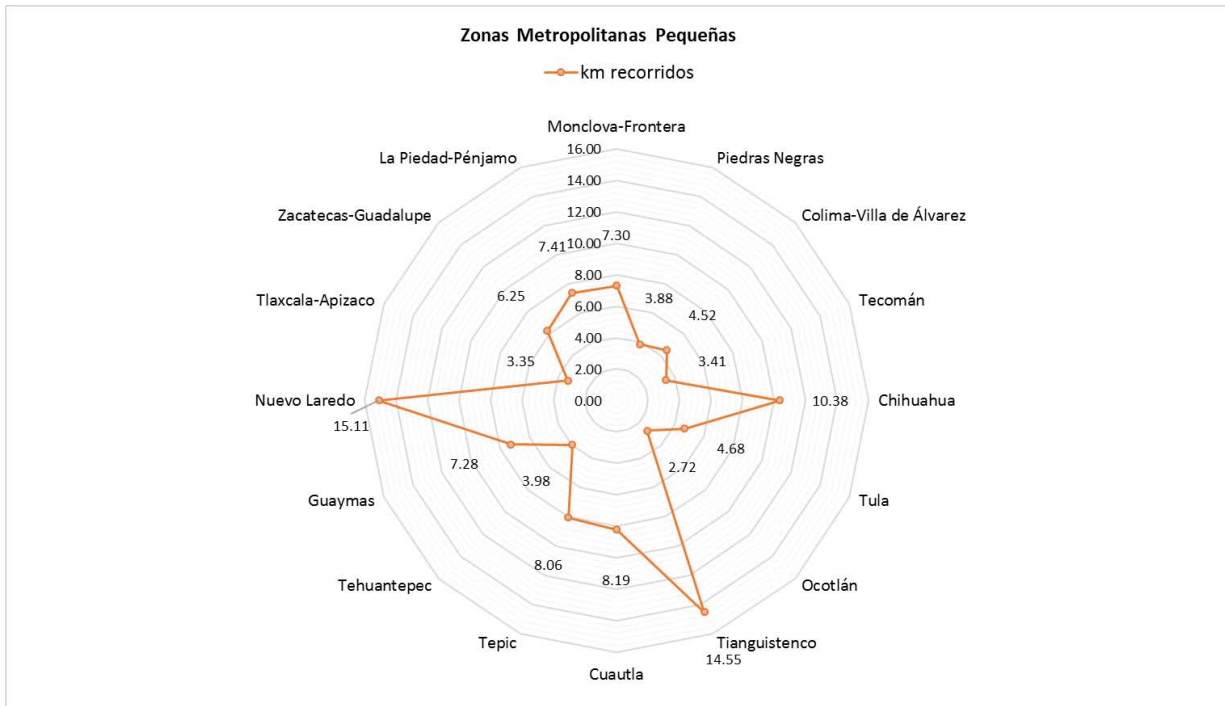


Figura 4-5 Km recorridos en la ZM Pequeñas.

En la Figura 4.6 se muestran los Km recorridos en la ZM medianas, entre las que se destaca la ZM de Acapulco con 19.30 Km y la ZM de Veracruz con 13.86 Km.

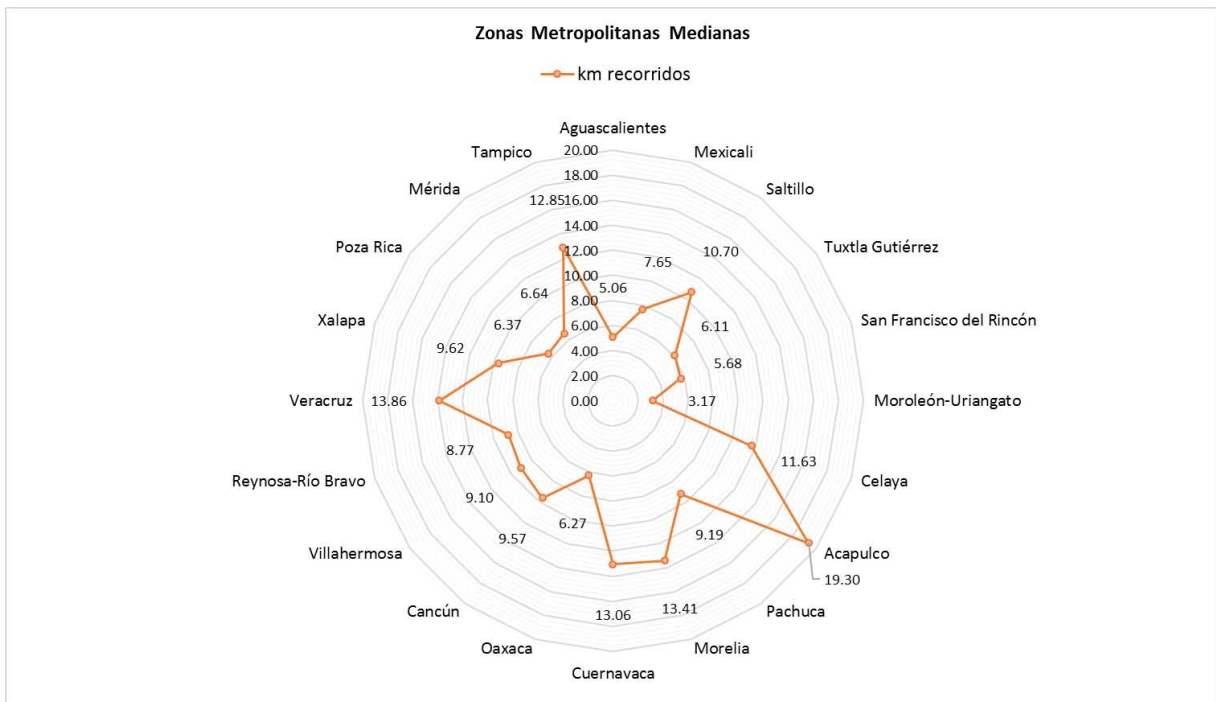


Figura 4-6 Km recorridos en la ZM Medias.

En la Figura 4.7 se muestran los Km recorridos en la ZM grandes, las que se destacan son las ZM de Tijuana, Monterrey y Guadalajara con Km de 19.02 Km, 17.40 Km y 17.32 Km respectivamente. La representa las ZM mega ciudades que representa la ZM del Valle de México cuenta con un promedio de 60 Km recorridos origen destino diariamente.

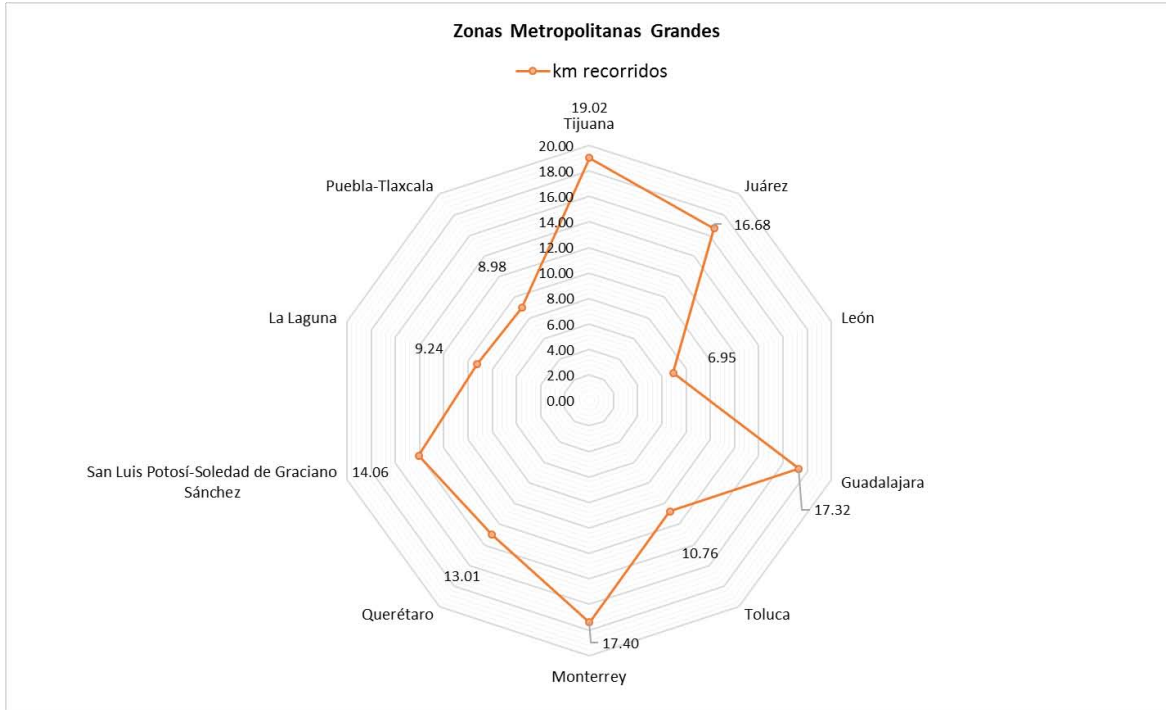


Figura 4-7 Km recorridos en la ZM Grandes.

4.2 INVENTARIO CICLO DE VIDA INSUMO - PRODUCTO PARA LAS ETAPAS EXTRACCIÓN DE MATERIAS PRIMAS, MANUFACTURA Y CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA

La construcción de la MIP para la VIS en México se realizó utilizando los datos publicados por INEGI (2003, 2008, 2012), se identificaron diez subsectores que se asocian al sector de la construcción de vivienda de interés social. En la tabla 4.3 se observan los subsectores con lo que se construyó la matriz Insumo – Producto para la VIS en México.

Tabla 4-3 Subsectores que intervienen en la construcción de VIS.

N°	CÓDIGO SCIAN	SUBSECTOR	UTILIZACIÓN TOTAL DE LA PRODUCCIÓN INTERNA A PRECIOS BÁSICOS (UTPI). VALORES EN MILLONES DE DÓLARES (PRECIOS CORRIENTES) 2003-2008-2012	PORCENTAJE QUE REPRESENTA CADA SUBSECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE LA UTILIZACIÓN TOTAL DE LA PRODUCCIÓN INTERNA A PRECIOS BÁSICOS (UTPI)
1	236	Edificación	1,541.49	1.12
2	237	Construcción de obras de ingeniería civil	4,445.54	3.24
3	238	Trabajos especializados para la construcción	23,361.03	17.02
4	321	Industria de la madera	5,522.04	4.02
5	327	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	28,205.60	20.55
6	331	Industrias metálicas básicas	50,415.12	36.73
7	332	Fabricación de productos metálicos	11,417.26	8.32
8	333	Fabricación de maquinaria y equipo	2,770.84	2.02
9	337	Fabricación de muebles, colchones y persianas	844.65	0.62
10	484	Autotransporte de carga	8,750.11	6.37
TOTAL			137,273.67	100.00

En la tabla 4.4 se muestran las emisiones de GEI con las que se calculó el coeficiente de emisión (INECC, 2015). Estas se tomaron del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INECC, 2015). En la se presentan cada una de las actividades que intervienen en el ciclo de vida de la vivienda y sus emisiones de CO₂ eq.

La tabla 4.5 presenta el intercambio monetario entre los subsectores y el coeficiente de emisión para cada uno de los subsectores. Aquí se identifica que la Utilización Total de la Producción Interna a Precios Básicos (UTPI) corresponde a 137, 273, 674,256.078 millones de USD (a precios corrientes) y las emisiones totales de CO₂ eq para este período fueron de 1, 106,056.13 Gg de CO₂eq.

Tabla 4-4 Emisiones de GEI.

CATEGORÍA DE EMISIÓN	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	CO ₂ eq.
1. ENERGÍA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1A2. Manufactura e industria de la construcción	34.452,48	30.892,80	31.860,00	32.768,88	37.263,00	35.716,68	36.753,42	38.957,40	36.817,98	33.707,46	42.328,64	34.214,69	45.901,55	471.634,98
1A4b. Sector Residencial (se calcula en la etapa de uso)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. PROCESOS INDUSTRIALES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A. Industria de los minerales	31.624,11	33.791,90	32.186,50	30.823,00	38.661,90	32.395,50	38.283,40	35.546,00	36.370,06	34.775,06	35.949,73	32.440,97	32.831,90	445.680,03
2A1. Producción de Cemento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A2. Producción de Cal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A3. Uso de Caliza y Dolomita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A4. Producción y uso de Carbonatos de Sodio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A5. Material Asfáltico para techos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A6. Pavimentación Asfáltica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2A7. Vidrio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2C. Industria de los metales	9.505,64	7.950,00	5.973,28	6.277,49	6.134,44	5.876,56	5.836,23	5.623,15	5.928,29	4.689,80	7.701,71	7.572,49	7.868,11	86.937,19
2C1. Producción de Hierro y Acero	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2C2. Producción de Ferroaleaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2C3. Producción de Aluminio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2C4. Uso de Hexafluoruros de Azufre en fundidoras de Aluminio y Magnesio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2F. Consumo de Halocarbonos y Hexafluoruro de Azufre	3.793,44	4.360,99	4.821,78	4.854,19	4.545,80	6.302,48	6.117,58	8.327,80	9.245,76	9.447,42	13.344,58	13.451,71	13.190,40	101.803,93
TOTAL	79.375,67	76.995,69	74.841,56	74.723,56	86.605,14	80.291,22	86.990,63	88.454,35	88.362,09	82.619,74	99.324,66	87.679,86	99.791,96	1.106.056,13

Fuente: Modificado de INECC (2015).

Tabla 4-5 Coeficiente de Emisión CO₂ eq para cada uno de los subsectores de la VIS en México.

N°	CÓDIGO SCIAN	SUBSECTOR	*UTILIZACIÓN TOTAL DE LA PRODUCCIÓN INTERNA A PRECIOS BÁSICOS (UTPI). VALORES EN MILLONES DE DÓLARES (PRECIOS CORRIENTES)	PORCENTAJE QUE REPRESENTA CADA SUBSECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE LA UTILIZACIÓN TOTAL DE LA PRODUCCIÓN INTERNA A PRECIOS BÁSICOS (UTPI)	COEFICIENTE DE EMISIÓN CO ₂ Eq. Gg POR SUBSECTOR DE LA VIVIENDA
1	236	Edificación	1.541,49	1,12	12.420,23
2	237	Construcción de obras de ingeniería civil	4.445,54	3,24	35.819,10
3	238	Trabajos especializados para la construcción	23.361,03	17,02	188.226,98
4	321	Industria de la madera	5.522,04	4,02	44.492,75
5	327	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	28.205,60	20,55	227.261,14
6	331	Industrias metálicas básicas	50.415,12	36,73	406.210,09
7	332	Fabricación de productos metálicos	11.417,26	8,32	91.992,41
8	333	Fabricación de maquinaria y equipo	2.770,84	2,02	22.325,51
9	337	Fabricación de muebles, colchones y persianas	844,65	0,62	6.805,59
10	484	Autotransporte de carga	8.750,11	6,37	70.502,33
TOTAL			137.273,67	100,00	1.106.056,13

* Utilización Total de la Producción Interna a Precios Básicos (los valores fueron convertidos de pesos mexicanos a dólares tomando como referencia el tipo de cambio promedio del año de publicación de cada MIP).

4.2.1 HUELLA DE CARBONO DE LA EXTRACCIÓN DE MATERIAS PRIMAS, MANUFACTURA Y CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA

A partir de los resultados obtenidos se puede señalar que el subsector de Industrias metálicas básicas (código 331 de identificación SCIAN), comprende: Unidades económicas dedicadas principalmente a la fundición de hierro, a la fabricación de acero y productos de hierro y acero, a la fundición, afinación, refinación y laminación de metales no ferrosos (Tabla 4.5).

Respecto al moldeo por fundición de piezas metálicas; incluye también la recuperación de aluminio, cobre y otros metales no ferrosos y sus aleaciones para su laminación secundaria, cuando se realiza fuera de la unidad minera. Este subsector representa la mayor utilización total de la producción interna para el periodo del 2000 al 2012, con un aporte a las emisiones de 406, 210.09 Gg de CO₂ eq (Tabla 4.5).

Estas emisiones se asocian al consumo de hierro y acero en la construcción de vivienda que son muy comunes y se utilizan en gran cantidad como el alambrón, tuberías, cables, perfiles, varillas entre otros y a los elementos fabricados en hierro y acero que se utilizan en las obras de adecuación y de infraestructura de los desarrollos habitacionales como tubos, cerramientos, postes eléctricos, parques infantiles, canchas, señalizaciones publicas entre otros.

La fabricación de hierro y acero es un proceso altamente demandante de energía (Worrell et al., 2001), por cada tonelada de acero producido se emiten aproximadamente 2 toneladas de CO₂, en la reducción del mineral de hierro en los hornos es donde más energía se consume y donde más emisiones de CO₂ se generan (worldsteel association, 2015 y Price et al. 1998).

Otro subsector que incidió en las emisiones de CO₂ eq fue la fabricación de productos a base de minerales no metálicos (327 código de identificación SCIAN), este comprende las unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de productos a base de arcillas y minerales refractarios, vidrio, cemento y elementos prefabricados de concreto, cal, productos de yeso y fabricación de yeso. Incluye también obtención de arcilla integrada con la fabricación de productos terminados, la fabricación de cemento y mortero refractario y la producción de dolomita calcinada. Este subsector representa el segundo consumo de insumos más alto y para el periodo del 2000 al 2012, con un aporte a las emisiones de 227,261.14 Gg de CO₂ eq. Estas emisiones se asocian específicamente a dos insumos para la construcción de vivienda social en México por un lado está la fabricación de cemento, productos de concreto y bloques de concreto, tubos de drenaje y alcantarillados, celosías, adoquines, tabicones, elementos pre esforzados de concreto con instalación in situ, entre otros. También aporta emisiones a este subsector la fabricación de artículos de alfarería, porcelana, loza, muebles y accesorios de baño y productos para la construcción a base de arcillas refractarias y no refractarias como los ladrillos, mosaicos, azulejos, losetas, baldosas entre otros.

En este subsector. la industria del cemento juega un papel muy relevante ya que es conocida como una de las industrias que más impactos genera, los principales impactos ambientales de la producción de cemento se asocian con procesos intensivos en energía (Madlool et al. 2011) y las emisiones de aire (Davidovits, 1994 y Huntzinger y Eatmon, 2009), donde el CO₂ es relevante, ya que representa aproximadamente el 6 % del total de las emisiones de fuentes fijas en todo el mundo (Metz et al. 2005), estas emisiones podrían disminuir si se fomenta el co-procesamiento de residuos municipales de alto poder calorífico en hornos de cemento (Güereca, 2013).

El subsector Fabricación de muebles, colchones y persianas (337 código de identificación SCIAN), que comprende las unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de muebles, colchones, persianas y cortineros; es también el que incluye la fabricación de cocinas integrales y muebles modulares de baño; este subsector fue el que represento menor consumo de insumos desde el 2000 al 2012, lo que generó una emisión de 6,805.59 Gg de CO₂ eq.

Las emisiones totales de CO₂ eq, generadas por los subsectores que componen la construcción de vivienda de interés social, se distribuyen de acuerdo a las interrelaciones que se generan entre los mismos, es decir los subsectores que más contribuyen al cambio climático son los que más relaciones establecen entre insumos y producción de mercancías (Nápoles, 2011). En la figura 4.8, se relacionan las emisiones totales de GEI del 2000 al 2012 y el consumo de insumos y producción de los subsectores que intervienen en la construcción de vivienda.

El aumento en el consumo de insumos para la producción de vivienda, de acuerdo al análisis Insumo – Producto tuvo un incremento neto (si se consideran lo años incluidos entre los períodos de publicación de los informes), entre el 2000 – 2003, 2004 – 2008 y 2008 – 2012, debido a que la Política de Vivienda en México en éstos períodos fomentó que los financiamientos otorgados favorecieron la compra de vivienda terminada bajo la gestión de agentes privados que hicieron de la construcción de vivienda social un negocio, de tal forma que el 87% del total de vivienda construida durante este periodo, fue vivienda social, lo que equivale a la construcción de 7,610,258 millones de vivienda, lo cual a su vez representa el 27% de la vivienda existente en todo el país.

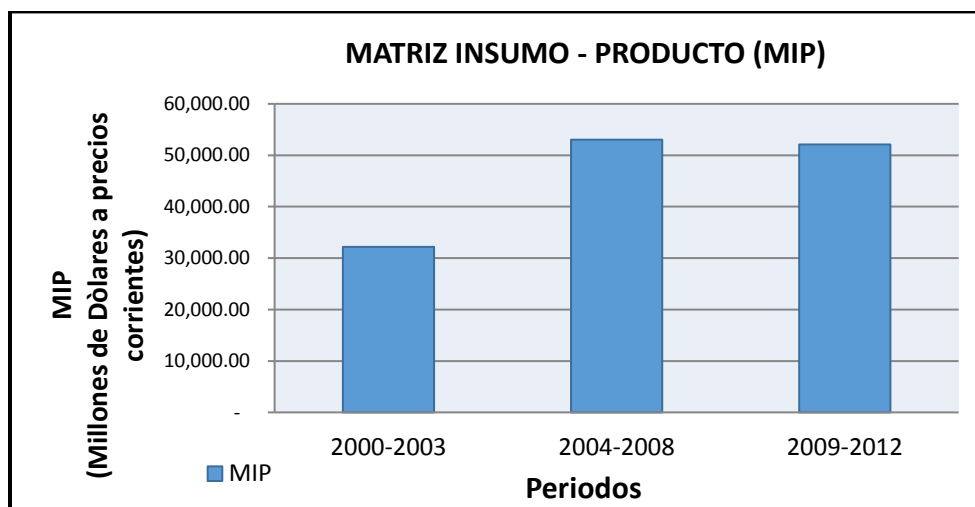


Figura 4-8 Resultados de la Matriz Insumo - Producto.

Las emisiones de CO₂ eq durante el periodo de estudio presentaron una disminución para el 2008, 2009, del 7% lo cual pudo haber ocurrido por el incremento de los rendimientos en obra durante la construcción de vivienda de interés social en México ya que los desarrollos inmobiliarios se realizaban en masa y sus dimensiones iban de 6.000 a 20.000 unidades de vivienda por conjunto habitacional esto impulso a la industria de la construcción a la mejora continua de los procesos constructivos siendo más eficientes durante la producción de elementos constructivos y la construcción de la vivienda.

En principio se pensó que la disminución de emisiones en el 2008 – 2009 como se observa en la figura 4.9 podría haber sido por la crisis financiera del 2008 de EUA por el colapso de la burbuja inmobiliaria que venía causando trastornos económicos desde el 2006, ocasionando efectos a nivel local e internacional. Pero contrario a lo que se pensaba la crisis del 2008 no fue excusa para que los desarrolladores inmobiliarios en México siguieran construyendo y manteniendo las tasas de rentabilidad, según la CONAVI (2012) en México para los años 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 se construyeron 631,162, 634,118, 634,248, 633,742, 633,617 VIS respectivamente, lo cual demuestra que no disminuyó sino que se mantuvo estable.

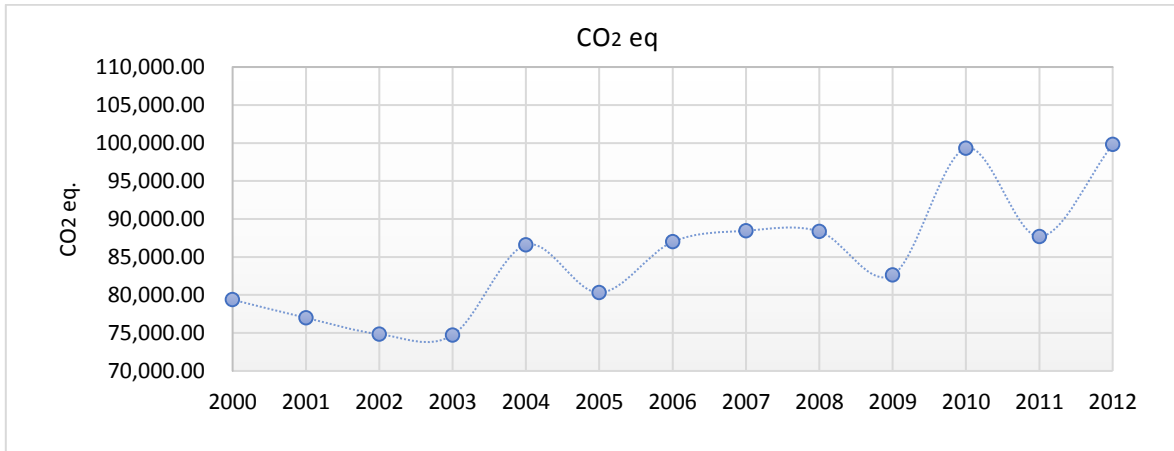


Figura 4-9 Emisiones GEI en CO₂ eq.

Fuente: adaptado de INECC (2015).

En el 2011 se presenta una disminución de las emisiones de GEI, respecto a las del 2010 de un 12%, lo cual podría responder a los resultados de las políticas encaminadas a la reducción de emisiones de CO₂ eq en el sector residencial que se desarrollan a partir del 2008, entre las más sobresalientes se encuentran, la incorporación de nuevas eco tecnologías en las viviendas para disminuir los gastos energéticos durante la etapa de uso con esta premisa se crea el Programa de Hipoteca Verde (Morillón et al. 2007), que consistía en el financiamiento de electrodomésticos de bajo consumo energético para las unidades de vivienda, este programa fue el pionero para la creación del Sistema de Evaluación de Vivienda Verde (SISEVIVE) que responde al proyecto NAMA de vivienda (CONAVI, 2014).

4.3 INVENTARIO CICLO DE VIDA FLUJOS Y PROCESOS PARA LAS ETAPAS DE USO Y FIN DE VIDA DE LA VIVIENDA

Los resultados del inventario de flujos y procesos para las etapas de uso y fin de vida se relacionan en las tablas 4.6 donde se integran los resultados del consumo de energía de las VIS de cada ZM, tabla 4.7 muestra los resultados del transporte en automóvil y autobús, tabla 4.8 se observan los resultados de los Km recorridos en metro, bicicleta, moto y caminata y la tabla 4.9 donde se muestran los consumos de gas LP y de agua por VIS y finalmente la tabla 4.10 relaciona los resultados de la generación de residuos sólidos fermentables y la de los residuos de construcción y demolición.

Tabla 4-6 . Inventario Ciclo de Vida de flujos y procesos de energía.

CATEGORÍA	ZONA METROPOLITANA	UNIDADES DE VIVIENDA CONSTRUIDA DURANTE EL 2000 - 2012	POBLACIÓN	Km RECORRIDOS HACIA EL CENTRO URBANO	ENERGÍA kWh
ZM PEQUEÑA (100.000 - 499.999 HABITANTES)	ZM Monclova-Frontera	67,053.99	281,626.76	7.30	10,987,161,175.45
	ZM Piedras Negras	64,547.23	271,098.38	3.88	10,576,415,358.29
	ZM Orizaba	72,821.33	305,849.60	4.15	11,932,171,449.33
	ZM Minatitlán	66,173.67	277,929.41	11.40	10,842,915,670.02
	ZM Coatzacoalcos	69,662.56	292,582.76	13.10	11,414,589,591.94
	ZM Córdoba	69,634.79	292,466.13	8.90	11,410,039,792.12
	ZM Acayucan	54,478.55	228,809.93	3.79	8,926,607,389.94
	ZM Colima-Villa de Álvarez	79,447.91	333,681.23	4.52	13,017,972,751.01
	ZM Tecmán	56,306.04	236,485.39	3.41	9,226,051,622.59
	ZM Chihuahua	129,570.20	544,194.85	10.38	21,230,782,705.28
	ZM Tulancingo	72,957.60	306,421.91	6.90	11,954,499,170.68
	ZM Tula	67,800.10	284,760.44	4.68	11,109,415,981.74
	ZM Ocotlán	57,740.68	242,510.86	2.72	9,461,124,613.33
	ZM Tianguistenco	65,033.67	273,141.43	14.55	10,656,121,110.71
	ZM Cuautla	81,159.19	340,868.61	8.19	13,298,375,228.85
	ZM Tepic	93,818.96	394,039.63	8.06	15,372,746,924.92
	ZM Tehuantepec	57,443.47	241,262.57	3.98	9,412,424,904.14
	ZM Guaymas	61,219.80	257,123.17	7.28	10,031,197,679.77
	ZM Nuevo Laredo	86,932.19	365,115.20	15.11	14,244,312,313.81
	ZM Tlaxcala-Apizaco	96,212.59	404,092.88	3.35	15,764,956,520.58
ZM Zacatecas-Guadalupe	88,771.51	372,840.33	6.25	14,545,694,424.16	
ZM Puerto Vallarta	118,932.30	499,515.65	8.43	19,487,703,840.61	
ZM Piedad-Pénjamo	59,690.55	250,700.32	7.41	9,780,621,667.42	
ZM MEDIANA (500.000 - 999.999 HABITANTES)	ZM Aguascalientes	154,637.26	649,476.50	5.06	25,338,156,621.27
	ZM Mexicali	137,893.15	579,151.24	7.65	22,594,543,073.79
	ZM Saltillo	144,902.30	608,589.67	10.70	23,743,030,506.32
	ZM Tuxtla Gutiérrez	146,721.57	616,230.57	6.11	24,041,126,650.14
	ZM San Francisco del Rincón	68,539.02	287,863.88	5.68	11,230,491,210.31
	ZM Moroleón-Uriangato	53,759.69	225,790.71	3.17	8,808,818,127.92
	ZM Celaya	106,048.85	445,405.17	11.63	17,376,680,979.32
	ZM Acapulco	86,292.00	362,426.41	19.30	14,139,414,151.28
	ZM Pachuca	119,870.21	503,454.88	9.19	19,641,385,967.89
ZM Morelia	136,587.58	573,667.84	13.41	22,380,618,226.66	

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

	ZM Cuernavaca	137,497.21	577,488.29	13.06	22,529,666,298.56
	ZM Oaxaca	110,217.01	462,911.44	6.27	18,059,656,485.75
	ZM Cancún	175,958.33	739,024.97	9.57	28,831,728,839.21
	ZM Villahermosa	128,956.75	541,618.37	9.10	21,130,265,831.46
	ZM Reynosa-Río Bravo	153,439.67	644,446.63	8.77	25,141,925,440.11
	ZM Veracruz	118,145.56	496,211.36	13.86	19,358,792,845.69
	ZM Xalapa	106,691.61	448,104.75	9.62	17,482,000,419.61
	ZM Poza Rica	73,121.63	307,110.84	6.37	11,981,376,691.84
	ZM Mérida	136,300.14	572,460.59	6.64	22,333,519,372.96
	ZM Tampico	107,440.81	451,251.39	12.85	17,604,760,759.22
ZM GRANDES (1.000.000 - 4.999.999 HABITANTES)	ZM Tijuana	254,705.98	1,069,765.13	19.02	41,734,961,130.95
	ZM Juárez	107,601.24	451,925.21	16.68	17,631,048,491.52
	ZM León	224,331.80	942,193.56	6.95	36,757,985,660.33
	ZM Guadalajara	427,657.84	1,796,162.92	17.32	70,074,063,359.12
	ZM Toluca	288,430.23	1,211,406.95	10.76	47,260,861,524.40
	ZM Monterrey	425,575.82	1,787,418.43	17.40	69,732,912,628.11
	ZM Querétaro	193,592.01	813,086.46	13.01	31,721,104,492.07
	ZM SLP-Soledad de Graciano S.	146,835.72	616,710.02	14.06	24,059,831,382.73
	ZM La Laguna	156,559.88	657,551.50	9.24	25,653,188,131.08
	ZM Puebla-Tlaxcala	310,683.55	1,304,870.89	8.98	50,907,189,058.55
ZM MEGA CIUDADES (5.000.000 HABITANTES)	ZM Valle de México	933,854.66	3,922,189.59	28.79	153,017,166,858.65
TOTAL		7,610,258.00	31,963,083.60	517.88	1,246,982,173,103.52

Tabla 4-7 Inventario Ciclo de Vida de flujos y procesos Transporte automóvil y autobús.

CATEGORÍA	ZONA METROPOLITANA	UNIDADES DE VIVIENDA CONSTRUIDA DURANTE EL 2000 -2012	POBLACIÓN	Km RECORRIDOS HACIA EL CENTRO URBANO	TRANSPORTE	
					Km VIAJES EN AUTOMÓVIL	Km VIAJES EN AUTOBÚS
ZM PEQUEÑA (100.000 - 499.999 HABITANTES)	ZM Monclova-Frontera	67,053.99	281,626.76	7.30	6,387,898,438.89	14,978,520,477.39
	ZM Piedras Negras	64,547.23	271,098.38	3.88	3,264,072,917.87	7,653,688,221.21
	ZM Orizaba	72,821.33	305,849.60	4.15	3,943,821,305.34	9,247,580,991.82
	ZM Minatitlán	66,173.67	277,929.41	11.40	9,844,656,754.93	23,084,022,735.70
	ZM Coatzacoalcos	69,662.56	292,582.76	13.10	11,909,163,123.85	27,924,934,221.45
	ZM Córdoba	69,634.79	292,466.13	8.90	8,087,733,136.33	18,964,339,767.95
	ZM Acayucan	54,478.55	228,809.93	3.79	2,694,482,027.59	6,318,095,788.83
	ZM Colima-Villa de Álvarez	79,447.91	333,681.23	4.52	4,686,314,599.57	10,988,599,750.72
	ZM Tecmán	56,306.04	236,485.39	3.41	2,505,647,113.28	5,875,310,472.52
	ZM Chihuahua	129,570.20	544,194.85	10.38	17,542,995,740.05	41,135,300,355.97
	ZM Tulancingo	72,957.60	306,421.91	6.90	6,569,466,828.95	15,404,267,047.20
	ZM Tula	67,800.10	284,760.44	4.68	4,140,823,592.24	9,709,517,388.70

El Análisis de Ciclo de Vida como herramienta de planificación territorial empleando las Matrices Insumo – Producto aplicado a la Vivienda de Interés Social construida en México durante el 2000 -2012.

	ZM Ocotlán	57,740.68	242,510.86	2.72	2,045,795,616.51	4,797,037,997.34
	ZM Tlanguistenco	65,033.67	273,141.43	14.55	12,348,431,252.56	28,954,942,247.39
	ZM Cuautla	81,159.19	340,868.61	8.19	8,674,253,935.49	20,339,629,917.71
	ZM Tepic	93,818.96	394,039.63	8.06	9,862,037,952.89	23,124,778,648.15
	ZM Tehuantepec	57,443.47	241,262.57	3.98	2,983,556,341.47	6,995,925,214.48
	ZM Guaymas	61,219.80	257,123.17	7.28	5,812,131,527.16	13,628,446,339.54
	ZM Nuevo Laredo	86,932.19	365,115.20	15.11	17,136,095,111.50	40,181,188,537.31
	ZM Tlaxcala- Apizaco	96,212.59	404,092.88	3.35	4,199,896,099.12	9,848,032,232.42
	ZM Zacatecas- Guadalupe	88,771.51	372,840.33	6.25	7,234,633,741.24	16,963,968,772.56
	ZM Puerto Vallarta	118,932.30	499,515.65	8.43	13,083,920,381.66	30,679,537,446.64
	ZM Piedad- Pénjamo	59,690.55	250,700.32	7.41	5,772,106,226.99	13,534,593,911.56
ZM MEDIANA (500.000 - 999.999 HABITANTES)	ZM Aguascalientes	154,637.26	649,476.50	5.06	10,211,162,328.04	23,943,415,114.02
	ZM Mexicali	137,893.15	579,151.24	7.65	13,757,220,556.60	32,258,310,270.64
	ZM Saltillo	144,902.30	608,589.67	10.70	20,239,736,236.88	47,458,691,865.78
	ZM Tuxtla Gutiérrez	146,721.57	616,230.57	6.11	11,698,917,375.05	27,431,944,189.77
	ZM San Francisco del Rincón	68,539.02	287,863.88	5.68	5,080,386,287.28	11,912,629,915.01
	ZM Moroleón- Uriangato	53,759.69	225,790.71	3.17	2,223,957,854.10	5,214,797,726.85
	ZM Celaya	106,048.85	445,405.17	11.63	16,088,273,351.31	37,724,227,168.58
	ZM Acapulco	86,292.00	362,426.41	19.30	21,730,181,681.46	50,953,529,459.98
	ZM Pachuca	119,870.21	503,454.88	9.19	14,382,231,549.86	33,723,853,289.32
	ZM Morelia	136,587.58	573,667.84	13.41	23,902,895,015.11	56,048,167,621.63
	ZM Cuernavaca	137,497.21	577,488.29	13.06	23,426,885,110.94	54,932,006,467.03
	ZM Oaxaca	110,217.01	462,911.44	6.27	9,011,149,766.38	21,129,592,555.65
	ZM Cancún	175,958.33	739,024.97	9.57	21,982,825,515.84	51,545,935,692.31
	ZM Villahermosa	128,956.75	541,618.37	9.10	15,305,845,011.74	35,889,567,613.73
	ZM Reynosa-Río Bravo	153,439.67	644,446.63	8.77	17,550,928,691.15	41,153,901,758.57
	ZM Veracruz	118,145.56	496,211.36	13.86	21,369,342,015.00	50,107,422,655.86
	ZM Xalapa	106,691.61	448,104.75	9.62	13,394,171,195.53	31,407,022,113.65
ZM Poza Rica	73,121.63	307,110.84	6.37	6,078,491,335.58	14,253,014,166.19	
ZM Mérida	136,300.14	572,460.59	6.64	11,810,679,710.76	27,694,007,597.64	
ZM Tampico	107,440.81	451,251.39	12.85	18,017,017,583.40	42,246,799,850.73	
ZM GRANDES (1.000.000 - 4.999.999 HABITANTES)	ZM Tijuana	254,705.98	1,069,765.13	19.02	63,220,827,073.40	148,241,939,344.52
	ZM Juárez	107,601.24	451,925.21	16.68	23,425,502,762.07	54,928,765,097.27
	ZM León	224,331.80	942,193.56	6.95	20,331,695,706.07	47,674,320,965.95
	ZM Guadalajara	427,657.84	1,796,162.92	17.32	96,643,187,574.68	199,951,422,568.31
	ZM Toluca	288,430.23	1,211,406.95	10.76	40,500,795,417.80	94,967,382,358.97
	ZM Monterrey	425,575.82	1,787,418.43	17.40	96,641,671,449.53	199,948,285,757.66
	ZM Querétaro	193,592.01	813,086.46	13.01	32,855,516,906.53	77,040,522,401.53
ZM SLP-Soledad de Graciano S.	146,835.72	616,710.02	14.06	26,941,858,272.13	63,174,012,500.18	

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

	ZM La Laguna	156,559.88	657,551.50	9.24	18,868,087,996.94	44,242,413,234.20
	ZM Puebla-Tlaxcala	310,683.55	1,304,870.89	8.98	36,398,557,970.00	85,348,342,826.20
ZM MEGA CIUDADES (5.000.000 HABITANTES)	ZM Valle de México	933,854.66	3,922,189.59	28.79	350,831,954,289.15	725,859,215,770.65
TOTAL		7,610,258.00	31,963,083.60	517.88	1,274,651,887,355.74	2,838,737,718,402.89

Tabla 4-8 Inventario Ciclo de Vida de flujos y procesos Transporte metro y bicicleta, caminata y moto.

CATEGORÍA	ZONA METROPOLITANA	UNIDADES DE VIVIENDA CONSTRUIDA DURANTE EL 2000 - 2012	POBLACIÓN	Km RECORRIDOS HACIA EL CENTRO URBANO	TRANSPORTE	
					Km VIAJES EN METROY (MTY, GDL Y DF)	Km VIAJES CAMINANDO, BICICLETA Y MOTO
ZM PEQUEÑA (100.000 - 499.999 HABITANTES)	ZM Monclova-Frontera	67,053.99	281,626.76	7.30	0.00	528,653,663.91
	ZM Piedras Negras	64,547.23	271,098.38	3.88	0.00	270,130,172.51
	ZM Orizaba	72,821.33	305,849.60	4.15	0.00	326,385,211.48
	ZM Minatitlán	66,173.67	277,929.41	11.40	0.00	814,730,214.20
	ZM Coatzacoalcos	69,662.56	292,582.76	13.10	0.00	985,585,913.70
	ZM Córdoba	69,634.79	292,466.13	8.90	0.00	669,329,638.87
	ZM Acayucan	54,478.55	228,809.93	3.79	0.00	222,991,616.08
	ZM Colima-Villa de Álvarez	79,447.91	333,681.23	4.52	0.00	387,832,932.38
	ZM Tecomán	56,306.04	236,485.39	3.41	0.00	207,363,899.03
	ZM Chihuahua	129,570.20	544,194.85	10.38	0.00	1,451,834,130.21
	ZM Tulancingo	72,957.60	306,421.91	6.90	0.00	543,680,013.43
	ZM Tula	67,800.10	284,760.44	4.68	0.00	342,688,849.01
	ZM Ocotlán	57,740.68	242,510.86	2.72	0.00	169,307,223.44
	ZM Tlanguistenco	65,033.67	273,141.43	14.55	0.00	1,021,939,138.14
	ZM Cuautla	81,159.19	340,868.61	8.19	0.00	717,869,291.21
	ZM Tepic	93,818.96	394,039.63	8.06	0.00	816,168,658.17
	ZM Tehuantepec	57,443.47	241,262.57	3.98	0.00	246,915,007.57
	ZM Guaymas	61,219.80	257,123.17	7.28	0.00	481,003,988.45
	ZM Nuevo Laredo	86,932.19	365,115.20	15.11	0.00	1,418,159,595.43
	ZM Tlaxcala-Apizaco	96,212.59	404,092.88	3.35	0.00	347,577,608.20
ZM Zacatecas-Guadalupe	88,771.51	372,840.33	6.25	0.00	598,728,309.62	
ZM Puerto Vallarta	118,932.30	499,515.65	8.43	0.00	1,082,807,204.00	
ZM Piedad-Pénjamo	59,690.55	250,700.32	7.41	0.00	477,691,549.82	
ZM MEDIANA (500.000 - 999.999 HABITANTES)	ZM Aguascalientes	154,637.26	649,476.50	5.06	0.00	845,061,709.91
	ZM Mexicali	137,893.15	579,151.24	7.65	0.00	1,138,528,597.79
	ZM Saltillo	144,902.30	608,589.67	10.70	0.00	1,675,012,654.09

El Análisis de Ciclo de Vida como herramienta de planificación territorial empleando las Matrices Insumo – Producto aplicado a la Vivienda de Interés Social construida en México durante el 2000 -2012.

	ZM Tuxtla Gutiérrez	146,721.57	616,230.57	6.11	0.00	968,186,265.52
	ZM San Francisco del Rincón	68,539.02	287,863.88	5.68	0.00	420,445,761.71
	ZM Moroleón-Uriangato	53,759.69	225,790.71	3.17	0.00	184,051,684.48
	ZM Celaya	106,048.85	445,405.17	11.63	0.00	1,331,443,311.83
	ZM Acapulco	86,292.00	362,426.41	19.30	0.00	1,798,359,863.29
	ZM Pachuca	119,870.21	503,454.88	9.19	0.00	1,190,253,645.51
	ZM Morelia	136,587.58	573,667.84	13.41	0.00	1,978,170,621.94
	ZM Cuernavaca	137,497.21	577,488.29	13.06	0.00	1,938,776,698.84
	ZM Oaxaca	110,217.01	462,911.44	6.27	0.00	745,750,325.49
	ZM Cancún	175,958.33	739,024.97	9.57	0.00	1,819,268,318.55
	ZM Villahermosa	128,956.75	541,618.37	9.10	0.00	1,266,690,621.66
	ZM Reynosa-Río Bravo	153,439.67	644,446.63	8.77	0.00	1,452,490,650.30
	ZM Veracruz	118,145.56	496,211.36	13.86	0.00	1,768,497,270.21
	ZM Xalapa	106,691.61	448,104.75	9.62	0.00	1,108,483,133.42
	ZM Poza Rica	73,121.63	307,110.84	6.37	0.00	503,047,558.81
	ZM Mérida	136,300.14	572,460.59	6.64	0.00	977,435,562.27
	ZM Tampico	107,440.81	451,251.39	12.85	0.00	1,491,063,524.14
ZM GRANDES (1.000.000 - 4.999.999 HABITANTES)	ZM Tijuana	254,705.98	1,069,765.13	19.02	0.00	5,232,068,447.45
	ZM Juárez	107,601.24	451,925.21	16.68	0.00	1,938,662,297.55
	ZM León	224,331.80	942,193.56	6.95	0.00	1,682,623,092.92
	ZM Guadalajara	427,657.84	1,796,162.92	17.32	26,660,189,675.77	7,998,056,902.73
	ZM Toluca	288,430.23	1,211,406.95	10.76	0.00	3,351,789,965.61
	ZM Monterrey	425,575.82	1,787,418.43	17.40	26,659,771,434.35	7,997,931,430.31
	ZM Querétaro	193,592.01	813,086.46	13.01	0.00	2,719,077,261.23
	ZM SLP-Soledad de Graciano S.	146,835.72	616,710.02	14.06	0.00	2,229,671,029.42
	ZM La Laguna	156,559.88	657,551.50	9.24	0.00	1,561,496,937.68
	ZM Puebla-Tlaxcala	310,683.55	1,304,870.89	8.98	0.00	3,012,294,452.69
ZM MEGA CIUDADES (5.000.000 HABITANTES)	ZM Valle de México	933,854.66	3,922,189.59	28.79	96,781,228,769.42	29034368631
TOTAL		7,610,258.00	31,963,083.60	517.88	150,101,189,879.55	105,488,432,057.03

Tabla 4-9 Inventario Ciclo de Vida de flujos y procesos consumo de agua y GLP.

CATEGORÍA	ZONA METROPOLITANA	UNIDADES DE VIVIENDA CONSTRUIDA DURANTE EL 2000-2012	POBLACIÓN	CONSUMO DE AGUA EN LAS VIVIENDAS	CONSUMO DE GAS LP EN LAS VIVIENDAS (GLP)
ZM PEQUEÑA (100.000 - 499.999 HABITANTES)	ZM Monclova-Frontera	67,053.99	281,626.76	1,471,922,269.47	2,202,723,599.62
	ZM Piedras Negras	64,547.23	271,098.38	1,416,895,688.39	2,120,376,622.95
	ZM Orizaba	72,821.33	305,849.60	1,598,522,912.24	2,392,180,766.84
	ZM Minatitlán	66,173.67	277,929.41	1,452,598,062.95	2,173,805,030.58
	ZM Coatzacoalcos	69,662.56	292,582.76	1,529,183,776.32	2,288,415,130.41
	ZM Córdoba	69,634.79	292,466.13	1,528,574,251.11	2,287,502,979.28
	ZM Acayucan	54,478.55	228,809.93	1,195,875,076.22	1,789,620,489.62
	ZM Colima-Villa de Álvarez	79,447.91	333,681.23	1,743,984,973.88	2,609,863,943.92
	ZM Tecmán	56,306.04	236,485.39	1,235,990,864.77	1,849,653,547.07
	ZM Chihuahua	129,570.20	544,194.85	2,844,234,408.08	4,256,381,184.95
	ZM Tulancingo	72,957.60	306,421.91	1,601,514,100.75	2,396,657,064.04
	ZM Tula	67,800.10	284,760.44	1,488,300,437.51	2,227,233,438.21
	ZM Ocotlán	57,740.68	242,510.86	1,267,483,000.41	1,896,781,355.25
	ZM Tianguistenco	65,033.67	273,141.43	1,427,573,666.99	2,136,356,159.35
	ZM Cuautla	81,159.19	340,868.61	1,781,549,786.57	2,666,079,479.98
	ZM Tepic	93,818.96	394,039.63	2,059,448,130.46	3,081,952,826.73
	ZM Tehuantepec	57,443.47	241,262.57	1,260,958,823.21	1,887,017,959.86
	ZM Guaymas	61,219.80	257,123.17	1,343,854,251.21	2,011,070,513.01
	ZM Nuevo Laredo	86,932.19	365,115.20	1,908,274,591.89	2,855,722,455.77
	ZM Tlaxcala-Apizaco	96,212.59	404,092.88	2,111,991,460.71	3,160,583,632.14
ZM Zacatecas-Guadalupe	88,771.51	372,840.33	1,948,649,993.03	2,916,144,022.03	
ZM Puerto Vallarta	118,932.30	499,515.65	2,610,718,529.19	3,906,925,953.54	
ZM Piedad-Pénjamo	59,690.55	250,700.32	1,310,285,214.87	1,960,834,634.33	
ZM MEDIANA (500.000 - 999.999 HABITANTES)	ZM Aguascalientes	154,637.26	649,476.50	3,394,488,931.47	5,079,834,059.88
	ZM Mexicali	137,893.15	579,151.24	3,026,933,944.80	4,529,790,039.16
	ZM Saltillo	144,902.30	608,589.67	3,180,793,909.27	4,760,040,631.75
	ZM Tuxtla Gutiérrez	146,721.57	616,230.57	3,220,729,097.77	4,819,803,422.19
	ZM San Francisco del Rincón	68,539.02	287,863.88	1,504,520,580.49	2,251,506,793.17
	ZM Moroleón-Uriangato	53,759.69	225,790.71	1,180,095,145.89	1,766,005,910.47
	ZM Celaya	106,048.85	445,405.17	2,327,910,121.15	3,483,704,722.72
	ZM Acapulco	86,292.00	362,426.41	1,894,221,649.64	2,834,692,304.81
	ZM Pachuca	119,870.21	503,454.88	2,631,306,936.14	3,937,736,391.57
	ZM Morelia	136,587.58	573,667.84	2,998,274,972.61	4,486,902,044.54
	ZM Cuernavaca	137,497.21	577,488.29	3,018,242,566.86	4,516,783,439.77
	ZM Oaxaca	110,217.01	462,911.44	2,419,406,627.06	3,620,628,741.75

	ZM Cancún	175,958.33	739,024.97	3,862,513,989.58	5,780,230,991.22
	ZM Villahermosa	128,956.75	541,618.37	2,830,768,416.03	4,236,229,401.74
	ZM Reynosa-Río Bravo	153,439.67	644,446.63	3,368,200,335.09	5,040,493,319.65
	ZM Veracruz	118,145.56	496,211.36	2,593,448,648.35	3,881,081,671.63
	ZM Xalapa	106,691.61	448,104.75	2,342,019,500.92	3,504,819,332.12
	ZM Poza Rica	73,121.63	307,110.84	1,605,114,814.47	2,402,045,512.35
	ZM Mérida	136,300.14	572,460.59	2,991,965,257.98	4,477,459,591.22
	ZM Tampico	107,440.81	451,251.39	2,358,465,393.97	3,529,430,520.83
ZM GRANDES (1.000.000 - 4.999.999 HABITANTES)	ZM Tijuana	254,705.98	1,069,765.13	5,591,127,473.55	8,367,091,584.83
	ZM Juárez	107,601.24	451,925.21	2,361,987,095.16	3,534,700,727.34
	ZM León	224,331.80	942,193.56	4,924,374,623.30	7,369,299,603.00
	ZM Guadalajara	427,657.84	1,796,162.92	9,387,645,518.61	14,048,560,007.21
	ZM Toluca	288,430.23	1,211,406.95	6,331,418,411.13	9,474,932,910.84
	ZM Monterrey	425,575.82	1,787,418.43	9,341,942,415.67	13,980,165,564.44
	ZM Querétaro	193,592.01	813,086.46	4,249,596,357.84	6,359,497,631.35
	ZM SLP-Soledad de Graciano S.	146,835.72	616,710.02	3,223,234,923.61	4,823,553,376.82
	ZM La Laguna	156,559.88	657,551.50	3,436,692,908.22	5,142,992,079.52
	ZM Puebla-Tlaxcala	310,683.55	1,304,870.89	6,819,907,713.66	10,205,954,471.66
ZM MEGA CIUDADES (5.000.000 HABITANTES)	ZM Valle de México	933,854.66	3,922,189.59	20499323885	30,677,125,710.97
TOTAL		7,610,258.00	31,963,083.60	167,055,056,435.40	249,996,975,300.00

Tabla 4-10 Inventario Ciclo de Vida de flujos y procesos generación de RSF y RCD.

CATEGORÍA	ZONA METROPOLITANA	UNIDADES DE VIVIENDA CONSTRUIDA DURANTE EL 2000 -2012	POBLACIÓN	RESIDUOS SOLIDOS FERMENTABLES (RSF)	RESIDUOS DE COSNSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)
ZM PEQUEÑA (100.000 - 499.999 HABITANTES)	ZM Monclova-Frontera	67,053.99	281,626.76	310,848,354.38	3,017,429.59
	ZM Piedras Negras	64,547.23	271,098.38	299,227,549.03	2,904,625.51
	ZM Orizaba	72,821.33	305,849.60	337,584,549.82	3,276,959.95
	ZM Minatitlán	66,173.67	277,929.41	306,767,365.92	2,977,815.11
	ZM Coatzacoalcos	69,662.56	292,582.76	322,941,143.20	3,134,815.25
	ZM Córdoba	69,634.79	292,466.13	322,812,420.44	3,133,565.73
	ZM Acayucan	54,478.55	228,809.93	252,551,243.50	2,451,534.92
	ZM Colima-Villa de Álvarez	79,447.91	333,681.23	368,303,999.77	3,575,156.09
	ZM Tecomán	56,306.04	236,485.39	261,023,108.56	2,533,771.98
	ZM Chihuahua	129,570.20	544,194.85	600,660,512.82	5,830,659.16
	ZM Tulancingo	72,957.60	306,421.91	338,216,244.88	3,283,091.87
	ZM Tula	67,800.10	284,760.44	314,307,182.80	3,051,004.71
	ZM Ocotlán	57,740.68	242,510.86	267,673,784.85	2,598,330.62

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

	ZM Tlanguistenco	65,033.67	273,141.43	301,482,581.21	2,926,515.29
	ZM Cuautla	81,159.19	340,868.61	376,237,136.22	3,652,163.67
	ZM Tepic	93,818.96	394,039.63	434,925,182.91	4,221,853.19
	ZM Tehuantepec	57,443.47	241,262.57	266,295,974.50	2,584,956.11
	ZM Guaymas	61,219.80	257,123.17	283,802,270.80	2,754,891.11
	ZM Nuevo Laredo	86,932.19	365,115.20	402,999,552.96	3,911,948.57
	ZM Tlaxcala-Apizaco	96,212.59	404,092.88	446,021,562.17	4,329,566.62
	ZM Zacatecas-Guadalupe	88,771.51	372,840.33	411,526,244.39	3,994,717.84
	ZM Puerto Vallarta	118,932.30	499,515.65	551,345,390.56	5,351,953.36
	ZM Piedad-Pénjamo	59,690.55	250,700.32	276,712,983.60	2,686,074.84
ZM MEDIANA (500.000 - 999.999 HABITANTES)	ZM Aguascalientes	154,637.26	649,476.50	716,866,182.53	6,958,676.79
	ZM Mexicali	137,893.15	579,151.24	639,243,970.33	6,205,191.83
	ZM Saltillo	144,902.30	608,589.67	671,736,933.95	6,520,603.61
	ZM Tuxtla Gutiérrez	146,721.57	616,230.57	680,170,658.94	6,602,470.44
	ZM San Francisco del Rincón	68,539.02	287,863.88	317,732,638.65	3,084,255.88
	ZM Moroleón-Uriangato	53,759.69	225,790.71	249,218,754.09	2,419,186.18
	ZM Celaya	106,048.85	445,405.17	491,620,410.47	4,772,198.25
	ZM Acapulco	86,292.00	362,426.41	400,031,778.05	3,883,140.14
	ZM Pachuca	119,870.21	503,454.88	555,693,359.58	5,394,159.44
	ZM Morelia	136,587.58	573,667.84	633,191,616.53	6,146,441.16
	ZM Cuernavaca	137,497.21	577,488.29	637,408,479.02	6,187,374.58
	ZM Oaxaca	110,217.01	462,911.44	510,943,128.04	4,959,765.40
	ZM Cancún	175,958.33	739,024.97	815,706,197.48	7,918,124.65
	ZM Villahermosa	128,956.75	541,618.37	597,816,693.17	5,803,053.97
	ZM Reynosa-Río Bravo	153,439.67	644,446.63	711,314,417.27	6,904,785.37
	ZM Veracruz	118,145.56	496,211.36	547,698,245.50	5,316,550.24
	ZM Xalapa	106,691.61	448,104.75	494,600,104.15	4,801,122.37
ZM Poza Rica	73,121.63	307,110.84	338,976,662.70	3,290,473.30	
ZM Mérida	136,300.14	572,460.59	631,859,097.51	6,133,506.29	
ZM Tampico	107,440.81	451,251.39	498,073,235.10	4,834,836.33	
ZM GRANDES (1.000.000 - 4.999.999 HABITANTES)	ZM Tijuana	254,705.98	1,069,765.13	1,180,763,964.45	11,461,769.29
	ZM Juárez	107,601.24	451,925.21	498,816,966.64	4,842,055.79
	ZM León	224,331.80	942,193.56	1,039,955,559.98	10,094,930.96
	ZM Guadalajara	427,657.84	1,796,162.92	1,982,532,788.22	19,244,602.75
	ZM Toluca	288,430.23	1,211,406.95	1,337,102,532.38	12,979,360.15
	ZM Monterrey	425,575.82	1,787,418.43	1,972,880,964.45	19,150,911.73
	ZM Querétaro	193,592.01	813,086.46	897,452,305.74	8,711,640.59
	ZM SLP-Soledad de Graciano S.	146,835.72	616,710.02	680,699,852.54	6,607,607.37
	ZM La Laguna	156,559.88	657,551.50	725,779,042.26	7,045,194.63
	ZM Puebla-Tlaxcala	310,683.55	1,304,870.89	1,440,264,295.04	13,980,759.55

ZM MEGA CIUDADES (5.000.000 HABITANTES)	ZM Valle de México	933,854.66	3,922,189.59	4,329,155,980.33	42,023,459.88
TOTAL		7,610,258.00	31,963,083.60	35,279,573,154.34	342,461,610.00

4.3.1 HUELLA DE CARBONO DE LA ETAPA USO DE LA VIVIENDA Y FIN DE VIDA

A partir de realizar el ICV, se calcularon las emisiones de las etapas uso de la vivienda y fin de vida, a continuación, se presentan los resultados de la Huella de Carbono en Gg de CO₂ eq. En la tabla 4.11 se presentan las emisiones por transporte (TRANS), energía (E), residuos sólidos fermentables (RSF) y captación, acondicionamiento, conducción y distribución de agua (CACDA).

Tabla 4-11 Emisiones en Gg de CO₂ eq.

POBLACIÓN	ZM	TRANS	E	RSF	CACDA
ZM 100.000 - 499.999	ZM de Monclova-Frontera	12,095.5610	6,471.4379	820.6397	382.6998
	ZM de Piedras Negras	6,180.5606	6,229.5086	789.9607	368.3929
	ZM de Orizaba	7,467.6722	7,028.0490	891.2232	415.6160
	ZM de Minatitlán	18,640.9737	6,386.4773	809.8658	377.6755
	ZM de Coatzacoalcos	22,550.1408	6,723.1933	852.5646	397.5878
	ZM de Córdoba	15,314.2181	6,720.5134	852.2248	397.4293
	ZM de Acayucan	5,102.0335	5,257.7718	666.7353	310.9275
	ZM de Colima-Villa de Álvarez	8,873.5920	7,667.5860	972.3226	453.4361
	ZM de Tecmán	4,744.4724	5,434.1444	689.1010	321.3576
	ZM de Chihuahua	33,217.8693	12,504.9310	1,585.7438	739.5009
	ZM de Tulancingo	12,439.3629	7,041.2000	892.8909	416.3937
	ZM de Tula	7,840.6983	6,543.4460	829.7710	386.9581
	ZM de Ocotlán	3,873.7381	5,572.6024	706.6588	329.5456
	ZM de Tianguistenco	23,381.9002	6,276.4553	795.9140	371.1692
	ZM de Cuautla	16,424.8021	7,832.7430	993.2660	463.2029
	ZM de Tepic	18,673.8852	9,054.5479	1,148.2025	535.4565
	ZM de Tehuantepec	5,649.3991	5,543.9183	703.0214	327.8493
	ZM de Guaymas	11,005.3396	5,908.3754	749.2380	349.4021
	ZM de Nuevo Laredo	32,447.3982	8,389.9000	1,063.9188	496.1514
	ZM de Tlaxcala-Apizaco	7,952.5528	9,285.5594	1,177.4969	549.1178
ZM de Zacatecas-Guadalupe	13,698.8643	8,567.4140	1,086.4293	506.6490	
ZM de Puerto Vallarta	24,774.5575	11,478.2576	1,455.5518	678.7868	
ZM de La Piedad-Pénjamo	10,929.5512	5,760.7862	730.5223	340.6742	
	ZM de Aguascalientes	19,334.9563	14,924.1742	1,892.5267	882.5671

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

ZM 500.000 - 999.999	ZM de Mexicali	26,049.4594	13,308.1859	1,687.6041	787.0028
	ZM de Saltillo	38,324.1793	13,984.6450	1,773.3855	827.0064
	ZM de Tuxtla Gutiérrez	22,152.0380	14,160.2236	1,795.6505	837.3896
	ZM de San Francisco del Rincón	9,619.7713	6,614.7593	838.8142	391.1754
	ZM de Moroleón-Uriangato	4,211.0904	5,188.3939	657.9375	306.8247
	ZM de Celaya	30,463.3353	10,234.8651	1,297.8779	605.2566
	ZM de Acapulco	41,146.3553	8,328.1149	1,056.0839	492.4976
	ZM de Pachuca	27,232.9251	11,568.7763	1,467.0305	684.1398
	ZM de Morelia	45,260.4136	13,182.1841	1,671.6259	779.5515
	ZM de Cuernavaca	44,359.0832	13,269.9734	1,682.7584	784.7431
	ZM de Oaxaca	17,062.7184	10,637.1377	1,348.8899	629.0457
	ZM de Cancún	41,624.7394	16,981.8883	2,153.4644	1,004.2536
	ZM de Villahermosa	28,981.7980	12,445.7266	1,578.2361	735.9998
	ZM de Reynosa-Río Bravo	33,232.8905	14,808.5941	1,877.8701	875.7321
	ZM de Veracruz	40,463.1011	11,402.3290	1,445.9234	674.2966
	ZM de Xalapa	25,362.0211	10,296.8982	1,305.7443	608.9251
	ZM de Poza Rica	11,509.6950	7,057.0309	894.8984	417.3299
	ZM de Mérida	22,363.6613	13,154.4429	1,668.1080	777.9110
	ZM de Tampico	34,115.4353	10,369.2041	1,314.9133	613.2010
ZM 1.000.000 - 4.999.999	ZM de Tijuana	119,709.3816	24,581.8921	3,117.2169	1,453.6931
	ZM de Juárez	44,356.4657	10,384.6876	1,316.8768	614.1166
	ZM de León	38,498.3056	21,650.4536	2,745.4827	1,280.3374
	ZM de Guadalajara	164,163.2174	41,273.6233	5,233.8866	2,440.7878
	ZM de Toluca	76,688.7338	27,836.6474	3,529.9507	1,646.1688
	ZM de Monterrey	164,160.6420	41,072.6855	5,208.4057	2,428.9050
	ZM de Querétaro	62,212.3087	18,683.7305	2,369.2741	1,104.8951
	ZM de SLP-Soledad de Graciano S.	51,014.7264	14,171.2407	1,797.0476	838.0411
	ZM de La Laguna	35,726.9471	15,109.7278	1,916.0567	893.5402
	ZM de Puebla-Tlaxcala	68,921.0988	29,984.3344	3,802.2977	1,773.1760
ZM 5.000.000 en adelante	ZM del Valle de México	595,941.6678	90,127.1113	11,428.9718	5,329.8242
TOTALES		2,307,542.3053	734,472.5000	93,138.0731	43,434.3147

La tabla 4.12 recopila los resultados de las emisiones en Gg de CO₂ eq de tratamiento de aguas residuales (TAR), gas LP (GLP), residuos de construcción y demolición vertedero (RCDV) y residuos de construcción y demolición ruso y reciclaje (RCDRR).

Tabla 4-12 Emisiones en Gg de CO₂ eq.

POBLACIÓN	ZM	TAR	GLP	RCDV	RCDRR
ZM 100.000 - 499.999	ZM de Monclova-Frontera	1,103.9417	28.1508	0.0380	0.0049
	ZM de Piedras Negras	1,062.6718	27.0984	0.0366	0.0048
	ZM de Orizaba	1,198.8922	30.5721	0.0413	0.0054
	ZM de Minatitlán	1,089.4485	27.7812	0.0375	0.0049
	ZM de Coatzacoalcos	1,146.8878	29.2459	0.0395	0.0051
	ZM de Córdoba	1,146.4307	29.2343	0.0395	0.0051
	ZM de Acayucan	896.9063	22.8713	0.0309	0.0040
	ZM de Colima-Villa de Álvarez	1,307.9887	33.3541	0.0450	0.0059
	ZM de Tecomán	926.9931	23.6386	0.0319	0.0042
	ZM de Chihuahua	2,133.1758	54.3966	0.0735	0.0096
	ZM de Tulancingo	1,201.1356	30.6293	0.0414	0.0054
	ZM de Tula	1,116.2253	28.4640	0.0384	0.0050
	ZM de Ocotlán	950.6123	24.2409	0.0327	0.0043
	ZM de Tianguistenco	1,070.6803	27.3026	0.0369	0.0048
	ZM de Cuautla	1,336.1623	34.0725	0.0460	0.0060
	ZM de Tepic	1,544.5861	39.3874	0.0532	0.0069
	ZM de Tehuantepec	945.7191	24.1161	0.0326	0.0042
	ZM de Guaymas	1,007.8907	25.7015	0.0347	0.0045
	ZM de Nuevo Laredo	1,431.2059	36.4961	0.0493	0.0064
	ZM de Tlaxcala-Apizaco	1,583.9936	40.3923	0.0546	0.0071
ZM de Zacatecas-Guadalupe	1,461.4875	37.2683	0.0503	0.0066	
ZM de Puerto Vallarta	1,958.0389	49.9305	0.0674	0.0088	
ZM de La Piedad-Pénjamo	982.7139	25.0595	0.0338	0.0044	
ZM 500.000 - 999.999	ZM de Aguascalientes	2,545.8667	64.9203	0.0877	0.0114
	ZM de Mexicali	2,270.2005	57.8907	0.0782	0.0102
	ZM de Saltillo	2,385.5954	60.8333	0.0822	0.0107
	ZM de Tuxtla Gutiérrez	2,415.5468	61.5971	0.0832	0.0108
	ZM de San Francisco del Rincón	1,128.3904	28.7743	0.0389	0.0051
	ZM de Moreleón-Uriangato	885.0714	22.5696	0.0305	0.0040
	ZM de Celaya	1,745.9326	44.5217	0.0601	0.0078
	ZM de Acapulco	1,420.6662	36.2274	0.0489	0.0064
	ZM de Pachuca	1,973.4802	50.3243	0.0680	0.0088
	ZM de Morelia	2,248.7062	57.3426	0.0774	0.0101
	ZM de Cuernavaca	2,263.6819	57.7245	0.0780	0.0101
	ZM de Oaxaca	1,814.5550	46.2716	0.0625	0.0081

	ZM de Cancún	2,896.8855	73.8714	0.0998	0.0130
	ZM de Villahermosa	2,123.0763	54.1390	0.0731	0.0095
	ZM de Reynosa-Río Bravo	2,526.1503	64.4175	0.0870	0.0113
	ZM de Veracruz	1,945.0865	49.6002	0.0670	0.0087
	ZM de Xalapa	1,756.5146	44.7916	0.0605	0.0079
	ZM de Poza Rica	1,203.8361	30.6981	0.0415	0.0054
	ZM de Mérida	2,243.9739	57.2219	0.0773	0.0101
	ZM de Tampico	1,768.8490	45.1061	0.0609	0.0079
ZM 1.000.000 - 4.999.999	ZM de Tijuana	4,193.3456	106.9314	0.1444	0.0188
	ZM de Juárez	1,771.4903	45.1735	0.0610	0.0079
	ZM de León	3,693.2810	94.1796	0.1272	0.0166
	ZM de Guadalajara	7,040.7341	179.5406	0.2425	0.0316
	ZM de Toluca	4,748.5638	121.0896	0.1635	0.0213
	ZM de Monterrey	7,006.4568	178.6665	0.2413	0.0314
	ZM de Querétaro	3,187.1973	81.2744	0.1098	0.0143
	ZM de SLP-Soledad de Graciano S.	2,417.4262	61.6450	0.0833	0.0108
	ZM de La Laguna	2,577.5197	65.7274	0.0888	0.0116
	ZM de Puebla-Tlaxcala	5,114.9308	130.4321	0.1762	0.0229
ZM 5.000.000 en adelante	ZM del Valle de México	15,374.4929	392.0537	0.5295	0.0689
TOTALES		125,291.2923	3,194.9613	4.3151	0.5616

A partir de los resultados obtenidos en las etapas de uso y fin de vida de la VIS, según la clasificación de las ZM pequeñas, en la figura 4.10 se observa que las mayores contribuciones de GEI para la etapa de uso y fin de vida corresponden a las ZM de Chihuahua, Nuevo Laredo y Puerto Vallarta, que presentan emisiones de 50,253.61 Gg CO₂ eq, 43,865.07 Gg CO₂ eq y 40,395.12 Gg CO₂ eq respectivamente, y respecto a las ZM medianas, las ZM de Cancún, Morelia, Cuernavaca, Saltillo y Veracruz, obtuvieron las mayores Huellas de Carbono en la etapa de uso y fin de vida con 64,735.10 63,199.82, 62,417.96, 57,355.64 Gg de CO₂ eq respectivamente.

Los resultados anteriores son generados principalmente por el uso de transporte, el cual contribuyo con el 77% de la Huella de Carbono de la etapa de uso y fin de vida, lo anterior ocurre porque el promedio de kilómetros que se recorren al centro de la ciudad es de 22.00 km (tabla 4.7). La distancia entre los viajes origen destino (trabajo, estudio, salud, recreación), es la principal razón, para que el transporte sea tan significativo en la etapa de uso en este tipo de vivienda especialmente. El consumo de energía, tratamiento de aguas residuales y consumo de gas LP representaron el 23% de la Huella de Carbono total en las ZM medias (Figura 4.10).

El consumo de electricidad es el segundo de los factores clave en cuanto a los impactos ambientales de la etapa de uso de las viviendas. En este sentido la energía que consume una vivienda puede ser

típicamente un tercio o más de la energía del ciclo de vida (Perkins, et al. 2009), pero puede variar considerablemente dependiendo de un número de factores incluyendo el tipo, las características del estilo de vida, consumos de la construcción, así como las condiciones climáticas (Fay et al, 2000; Treloar et al, 2000; Troy et al, 2003; Mithraratne and Vale, 2004). Pullen et al, 2006; Ding, 2007).

Estas emisiones son aproximadas a lo reportado por Cuéllar-Franca (2012), quienes reportan que el sector residencial en Reino Unido consume el 32% del total de la energía generada, lo cual representa 450 gr de CO₂ por kWh (OECD/IEA, 2012) debido al uso de 86% de carbón y petróleo en su mix eléctrico. En México el sector residencial consumió el 24% de la energía generada para el 2008 (SENER, 2011), lo cual representa 454 gr de CO₂ por kWh debido al uso de 87% de combustibles fósiles en la generación total de energía (Santoyo-Castelazo et al. 2011).

En cuanto a la localización y el consumo energético tanto los estudios teóricos como empíricos muestran que la vivienda unifamiliar es menos eficiente que la vivienda multifamiliar. Su consumo energético se ve afectado por el transporte y las distancias recorridas, (Holden, 2001; Høyer and Holder, 2003). Si bien esta tendencia abre una discusión sobre la vivienda multifamiliar de la ciudad compacta, frente a la vivienda unifamiliar de la ciudad dispersa.

Este estudio demuestra que existe una relación entre las características del uso del territorio, el consumo de energía y el transporte de la VIS en México, esta unión indica que la planeación es determinante para la contención o crecimiento de las ciudades, los residentes de áreas densamente desarrolladas cerca o en el centro de la ciudad consumen menos energía para los viajes cotidianos.

La figura 4.11 muestra los resultados de la Huella de Carbono en la etapa de uso de la vivienda y fin de vida de las ZM grandes y Mega Ciudades (ZM del Valle de México), al igual que en las ZM pequeñas y medias el transporte fue el consumo más representativo, la ZM grandes que más aportaron a la Huella de Carbono fueron Guadalajara con 220,331.79 Gg de CO₂ eq, Monterrey 220,055.76 Gg de CO₂ eq, Tijuana 153,162.46 Gg de CO₂ eq. Lo cual represento el 73% de la Huella de Carbono y para la ZM Mega ciudades represento el 90%, con un promedio de 60 Kilómetros diarios ida y vuelta y una Huella de Carbono de 718,594.12 Gg de CO₂ eq.

Lo anterior coincide con (Holden and Norland, 2005, CMM, 2014, Norman et al. 2006, Chao et al. 2013), en sus estudios determinan los consumos energéticos desde las características físicas de la vivienda y la forma de urbanización; las viviendas unifamiliares ubicadas en la franja urbana, alejadas de un subcentro local y de estaciones de transporte colectivo son las zonas residenciales que más altos consumos presentan.

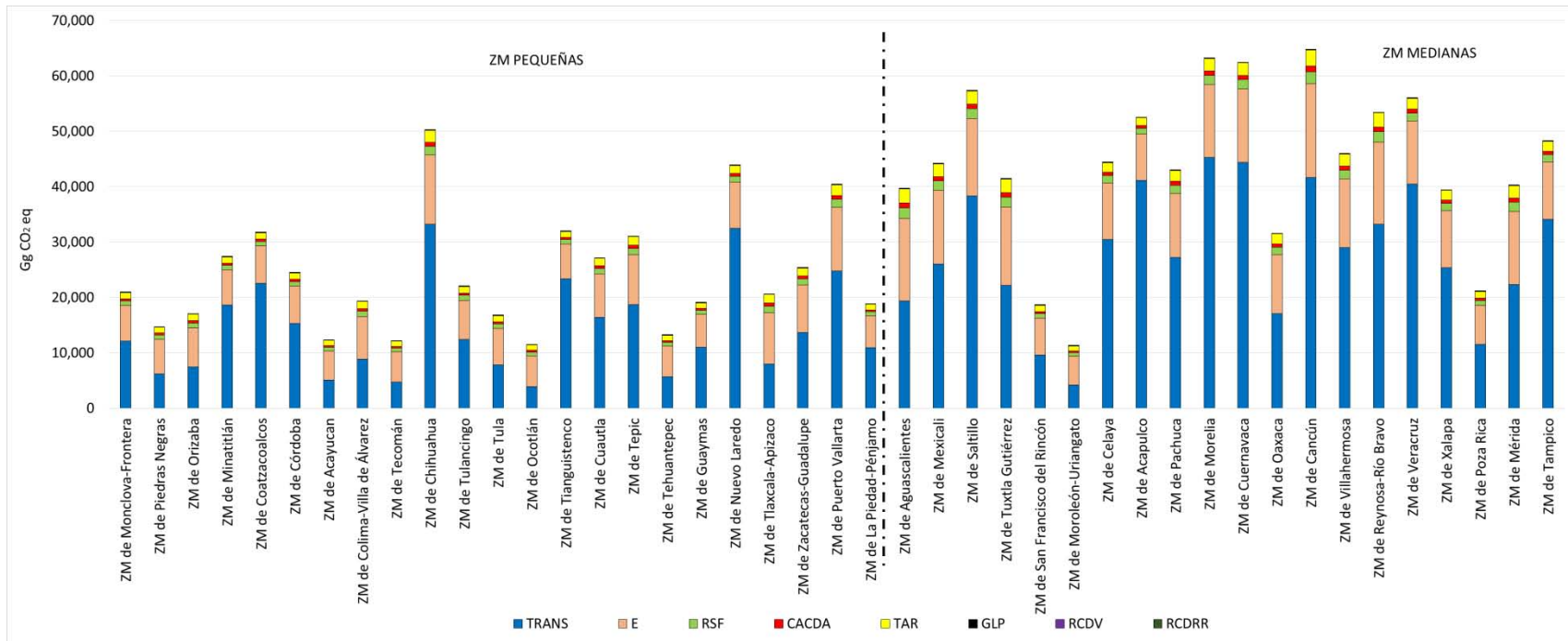


Figura 4-10 Huella de Carbono en Gg de CO₂ eq de las etapas uso de la vivienda y fin de vida ZM pequeñas y medianas.

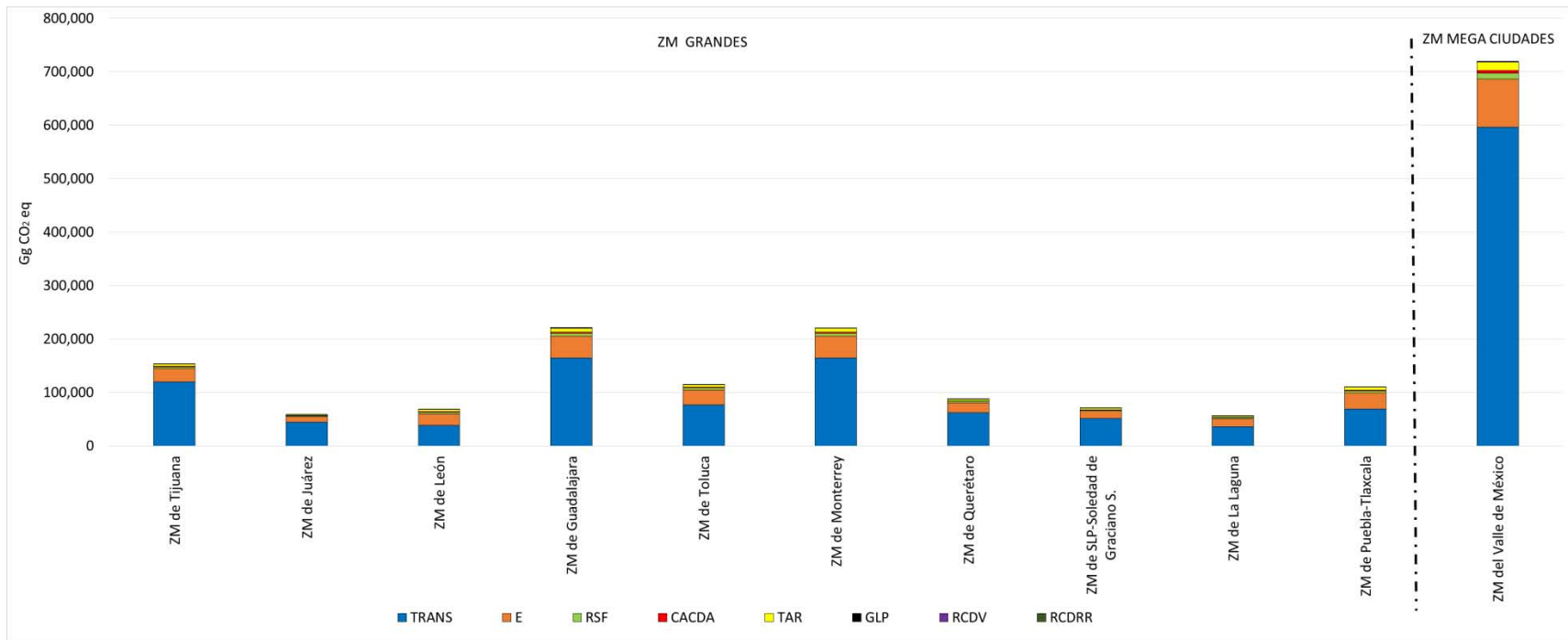


Figura 4-11 Huella de Carbono en Gg de CO₂ eq de las etapas uso de la vivienda y fin de vida ZM grandes y mega ciudades.

Algunas de estas ZM cuentan con una infraestructura de transporte más especializada, las ZM de Guadalajara y Monterrey tienen metro, al igual que en la ZM del Valle de México, pero solo el 8% (ITDP, 2011) de los usuarios totales del transporte colectivo utilizan metro, el uso del autobús y automóvil representan el 46.2% y 20.7% respectivamente (ITDP, 2011), esta dinámica aumenta notoriamente las emisiones de GEI por las condiciones del transporte público en México, no se cuenta con la infraestructura necesaria para planear sistemas integrados de transporte masivo y en muchas ZM aún se trabaja con el modelo hombre – camión, esto significa que el servicio es prestado por medio de concesiones individuales para explotar una ruta, lo cual no permite la integración y articulación entre los sistemas colectivos de transporte.

La Huella de Carbono del consumo de energía, tratamiento de aguas residuales y gas LP es de 30%, y la Huella de Carbono para la etapa de manejo y disposición de RCD es la que menos aporta emisiones de CO₂ eq con 4.3 Gg de CO₂ eq para los RCDV y 0.56 Gg de CO₂ eq de los RCDRR.

Las emisiones totales para estas etapas fueron de 3,307,073.44 Gg CO₂ eq., las emisiones más representativas son las del transporte con un total de 2,307,542.31 Gg CO₂ eq (70%). En la tabla 4.13 se contabiliza el total de las emisiones en Gg CO₂ eq para la etapa de uso y disposición de RCD.

Tabla 4-13 Emisiones de Gg de CO₂ eq.

EMISIONES Gg CO ₂ eq	ETAPA	
	USO DE LA VIVIENDA	DISPOSICIÓN DE RCD
E	734,472.50	-
TRANS	2,307,542.31	-
RSF	93,138.07	-
CACDA	43,434.31	-
TAR	125,291.29	-
GLP	3,194.96	-
RCDV	-	4.32
RCDRR	-	0.56

Otros consumos representativos de la VIS en México fue el de energía 734,472.50 Gg de CO₂ eq y tratamiento de aguas residuales 125,291.29 Gg de CO₂, lo que demuestra el potencial que tienen las energías limpias para innovar y probar nuevas eco tecnologías que ayuden a mitigar las emisiones en el sector residencial.

Por otro lado, los resultados en el manejo y disposición de RCD muestran una disminución del 15% en las emisiones cuando se propone el escenario de reusó y reciclaje, confirmando la importancia de establecer procesos de demolición selectiva que permitan valorizar los RCD para el reciclaje y reusó de los mismos, mitigando los impactos ambientales al disminuir los lugares de disposición y la extracción de materias primas para su fabricación los espacios de disposición.

4.2. RESULTADOS DE LA HUELLA DE CARBONO CON ENFOQUE HÍBRIDO DE LAS ETAPAS DE ETAPAS EXTRACCIÓN DE MATERIALES, MANUFACTURA, CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA, USO Y FIN DE VIDA.

La HC de la VIS en México fue de 4,413,134.45 Gg de CO₂ eq. En este sentido se puede decir que la HC de la VIS en México es de 580 t de CO₂ eq considerando una etapa de uso de 50 años y una vivienda tipo de 45 m², lo cual es posible comparar con otros estudios similares, por ejemplo, el estudio realizado por el Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente (CMM) (2014) que calculo la HC de la VIS en Ciudad de México comparando dos modelos, el primero vivienda intraurbana con un modelo habitacional vertical y el segundo vivienda periurbana con un modelo habitacional horizontal de baja densidad, los resultados demostraron que la vivienda periurbana horizontal tenía una HC mayor a la de la vivienda intraurbana de 490 t de CO₂ eq, por vivienda en este estudio se consideró las etapas de extracción de materias primas y uso, en este estudio se incorporaron variables como urbanización, alumbrado público, mantenimiento de las vías, por lo cual la HC de estas viviendas es mayor.

En relación con lo publicado por Markaky et al. (2017) que calculó la HC de la vivienda en Grecia durante 1995 - 2012; fue de 335 t de CO₂ por vivienda; otro resultado comparable es el de Cuéllar-Franca, (2012), la HC para vivienda adosada en el Reino Unido de estratos medios de dos pisos es de 374 t de CO₂ eq, para estos casos se tomaron en cuenta las características del clima y los sistemas de calefacción lo cual incide en los resultados, en el caso mexicano se tomaron promedios generales de VIS sin tener en cuenta las condiciones climáticas.

El análisis de GEI por etapas de ciclo de vida señala que la extracción, fabricación y construcción de VIS presentan de manera conjunta el 24% de las emisiones totales, la etapa de uso el 75% y fin de vida aporta el 1% (Figura 4.12). Sin embargo, es importante destacar que las etapas de extracción, fabricación y construcción están agregadas debido a que las matrices Insumo-Producto publicadas en México (INEGI, 2003, 2008, 2012), cuentan con un nivel de desagregación medio que no permitió un análisis detallado para cada etapa. En este sentido la matriz Insumo – Producto del 2003 está desagregada sólo para sectores y subsectores, mientras que las matrices Insumo – Producto del 2008 y 2012 cuentan con un nivel de desagregación en ramas.

A pesar de no contar con información desagregada los resultados concuerdan con los resultados de ciclo de vida publicados por Cuéllar-Franca (2012); Adalberth et al, (2001); Schreuer et al (2003); Huberman y Pearlmutter, (2008); Blengini (2009); Ortiz et al, (2009) y Marique y Reiter (2010); quienes establecen que la etapa de uso genera los mayores impactos ambientales que alcanzan un rango entre el 80 y 98% de las emisiones GEI. En la figura 4.13 se normalizo la Huella de Carbono según los m² construidos de VIS en cada una de las ZMM.

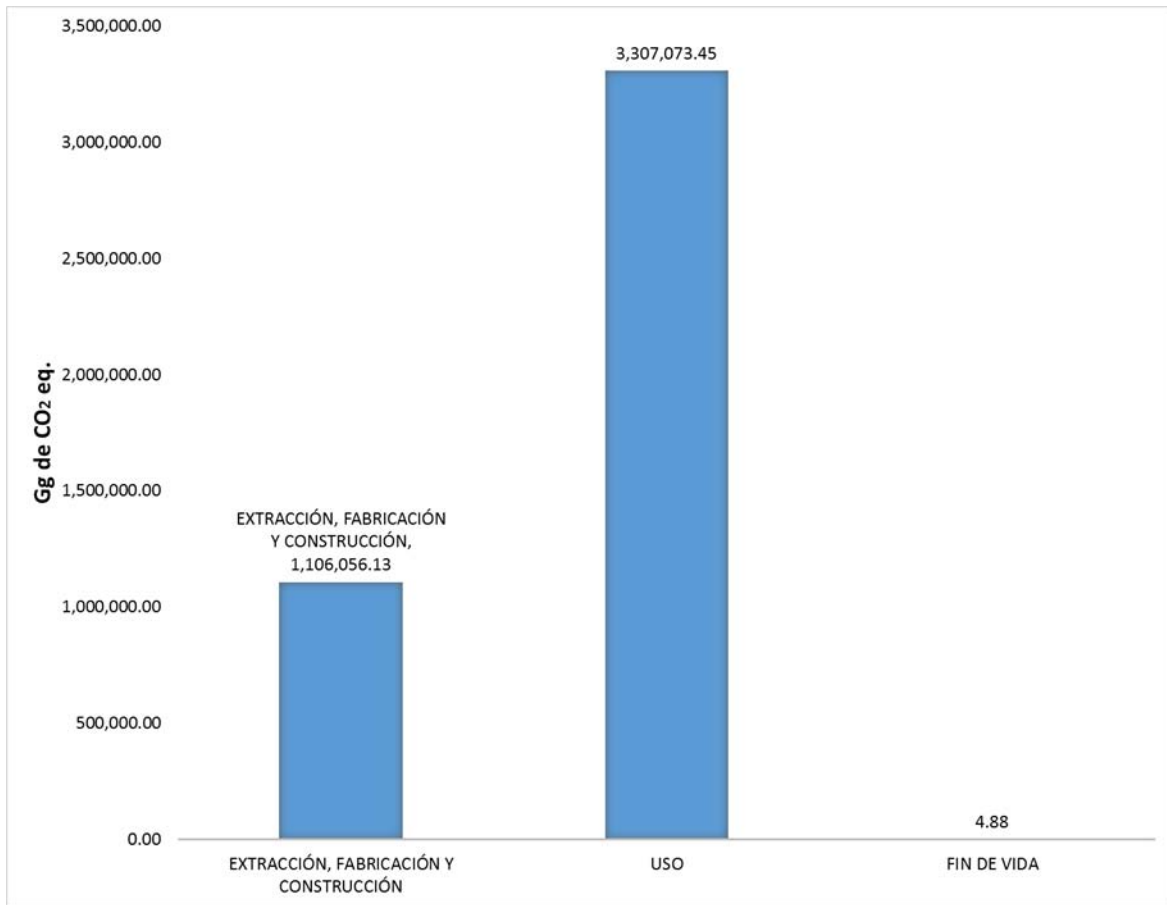


Figura 4-12 Huella de Carbono de la VIS en México.

El Análisis de Ciclo de Vida como herramienta de planificación territorial empleando las Matrices Insumo – Producto aplicado a la Vivienda de Interés Social construida en México durante el 2000 -2012.

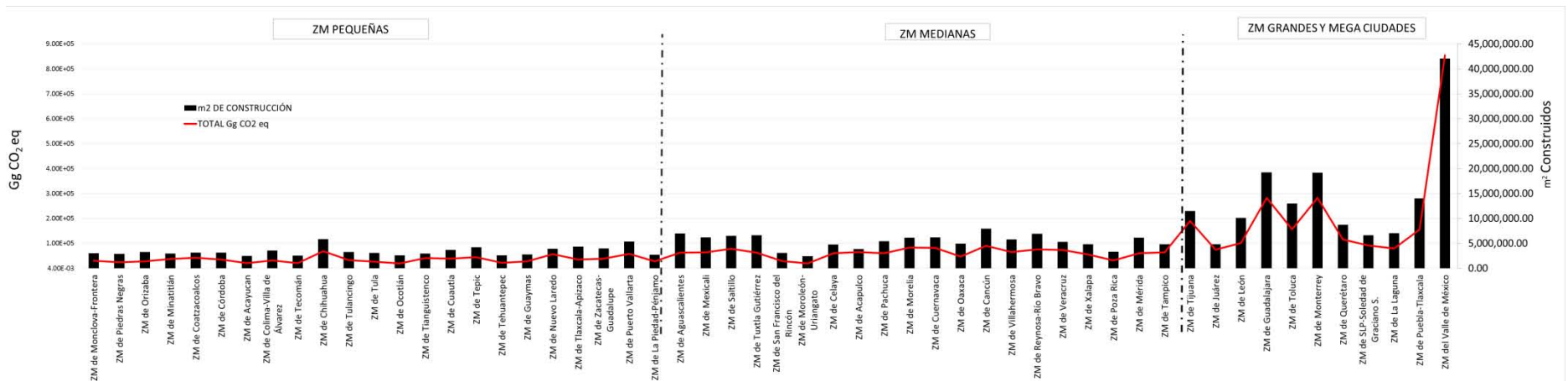


Figura 4-13 Huella de Carbono de las ZM durante el 2000 – 2012.

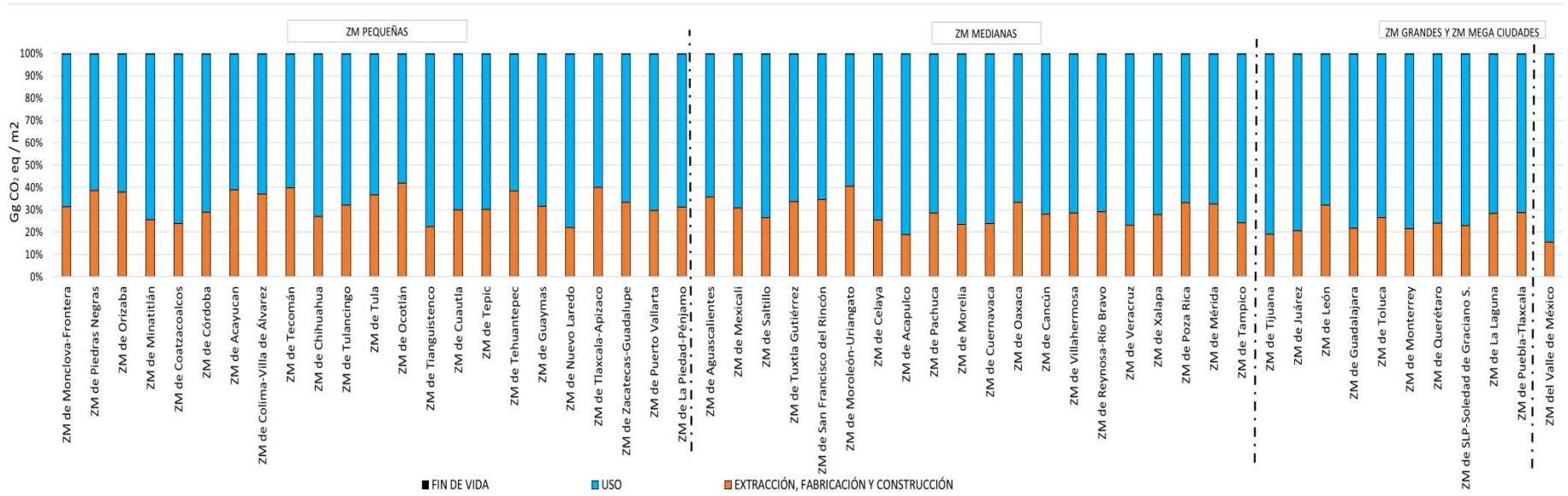


Figura 4-14 Aporte en porcentaje de Gg de CO₂ eq, para cada una de las etapas de Ciclo de Vida.

En la figura 4.14 se muestra el porcentaje de contribución de Gg de CO₂ eq, para cada una de las etapas de ciclo de vida. Las emisiones para la etapa de uso en el caso mexicano representaron el 75% del total de la Huella de Carbono, con algunas particularidades que se pueden observar en la figura 4.15, la ZM del Valle de México con población mayor a cinco millones y promedio de 60 Km de distancia de la infraestructura urbana, en la etapa de uso represento el 90% de las emisiones totales. Las ZM pequeñas como Orizaba, Villa de Álvarez, Tecomán, Ocotlán su etapa de uso fue del 60% lo cual se presenta porque los Km recorridos son menores; En las ZM medias Moreleón de Uriangato, Poza Rica su etapa de uso represento el 60% y en las ZM grandes León con poblaciones mayores a un millón de habitantes, y promedio de kilómetros recorridos al centro urbano de 18 Km, tuvieron un impacto en la etapa de uso mostro de 57%.

En el caso de la ZM de Acapulco, Veracruz y Morelia con una población no mayor al millón de habitantes la etapa de uso represento 80% del promedio nacional, con un promedio de 13 Km a 19 Km de recorrido hasta el centro urbano. Otros casos interesantes son las ZM de Nuevo Laredo con una población aproximada de 380.000 habitantes y Tianguistenco con 250.000 habitantes para el 2012, la etapa de uso apporto el 75% de las emisiones, lo cual se debió a que el promedio de kilómetros recorridos en un solo trayecto hacia la zona urbana es de 15 Km incrementando las emisiones en la etapa de uso por el transporte.

Finalmente, la Huella de Carbono obtenida se representa en los Estados del territorio mexicano. En las figura 4.15, 4.16, 4.17,4.18, 4.19, 4.20 y 4.21 se encuentra la Huella de Carbono para cada uno de los consumos analizados. En estas figuras aparecen como cero emisiones los estados de Baja California Sur, Sinaloa y Campeche porque no cuentan con ZM para el periodo de estudio.

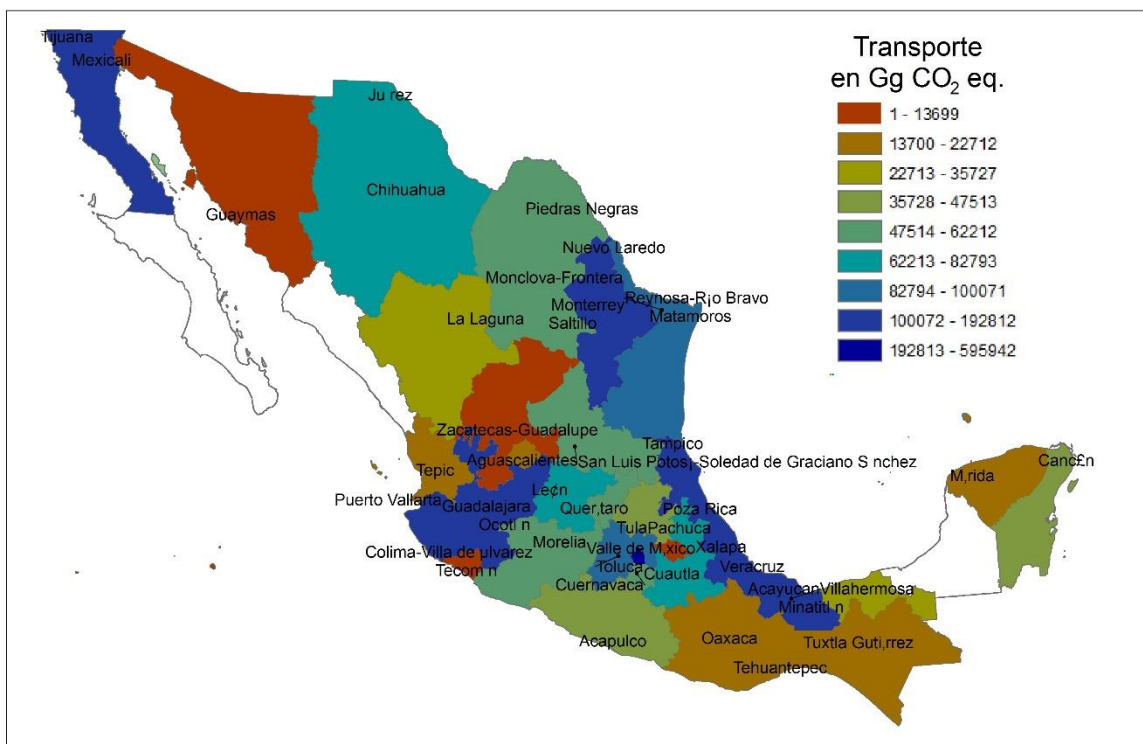


Figura 4-15 Huella de Carbono por Transporte.

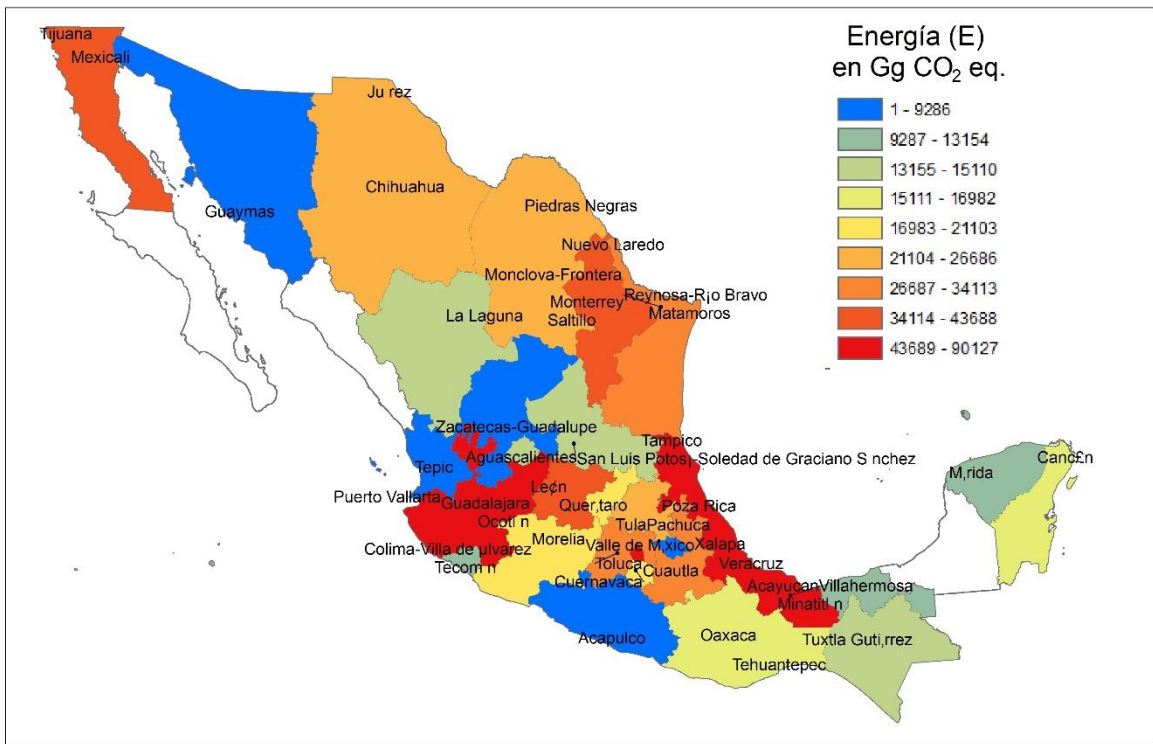


Figura 4-16 Huella de Carbono por Energía.

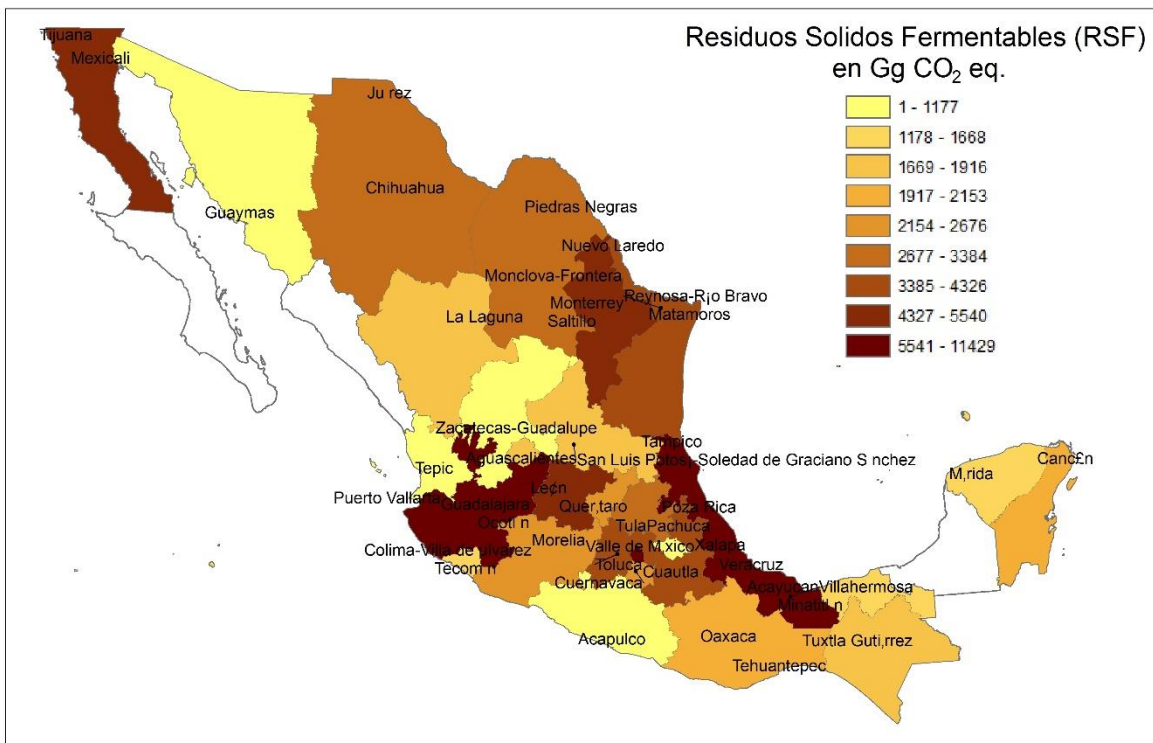


Figura 4-17 Huella de Carbono por Residuos Sólidos Fermentables.

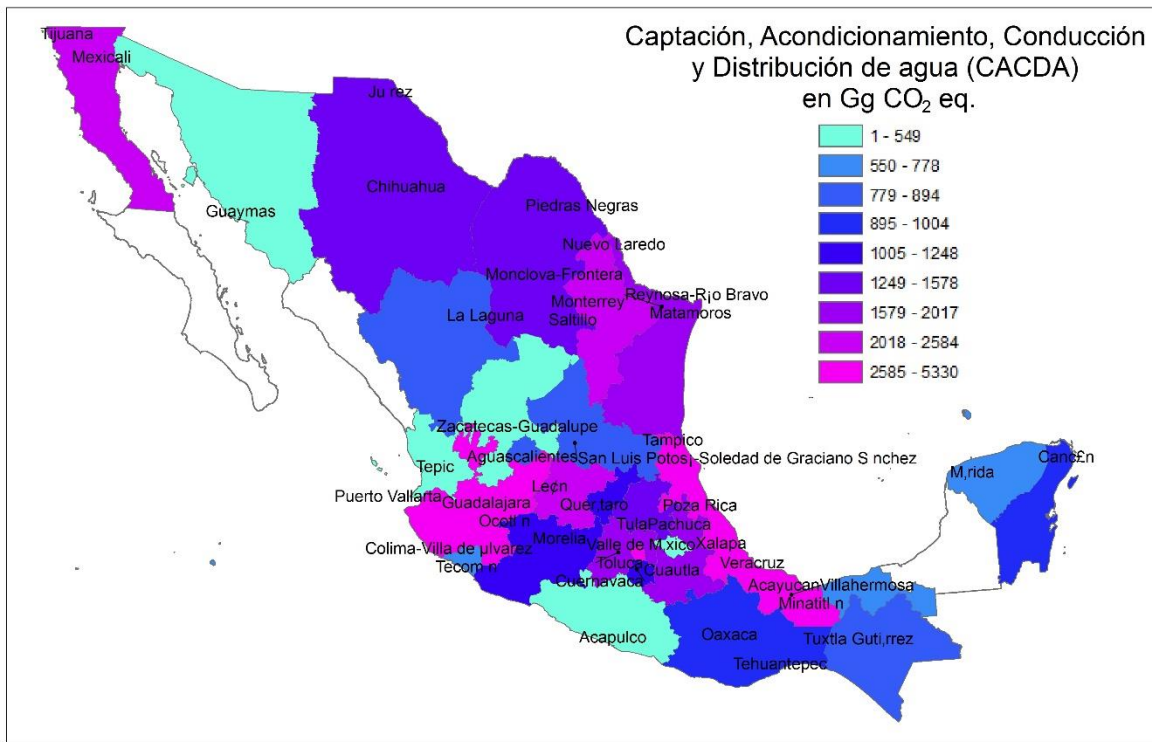


Figura 4-18 Huella de Carbono por Captación, Acondicionamiento, Conducción y Distribución de agua.

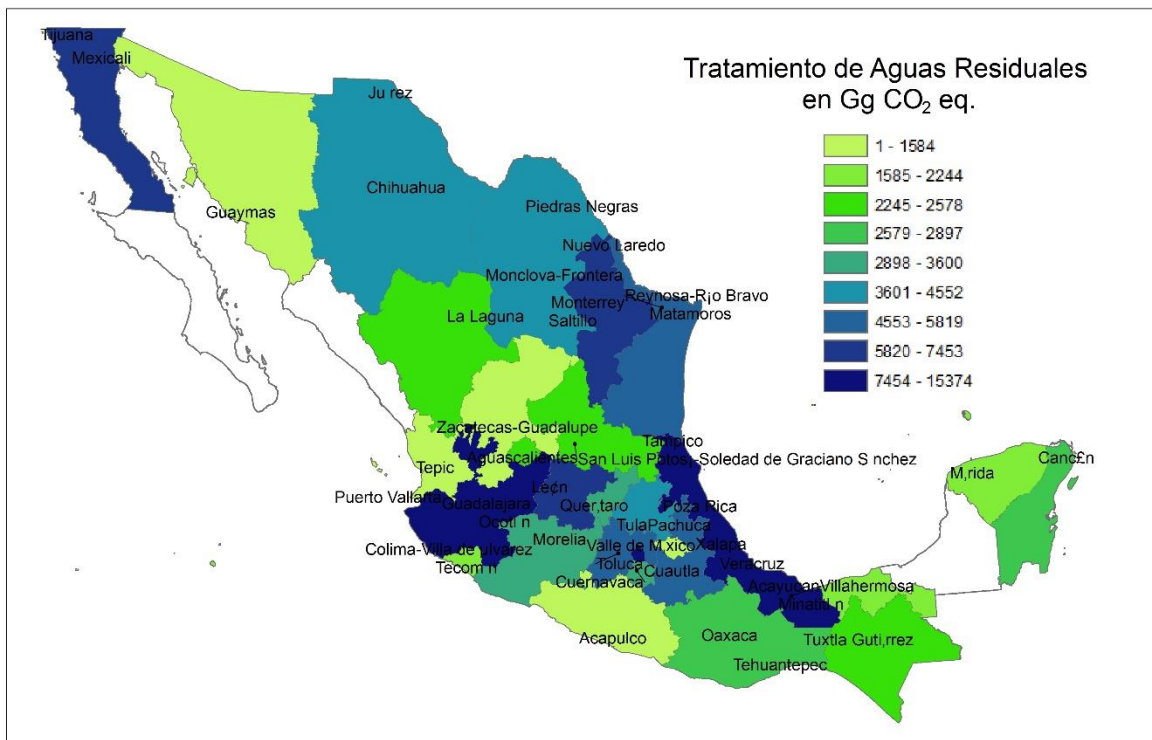


Figura 4-19 Huella de Carbono por Tratamiento de Aguas Residuales.

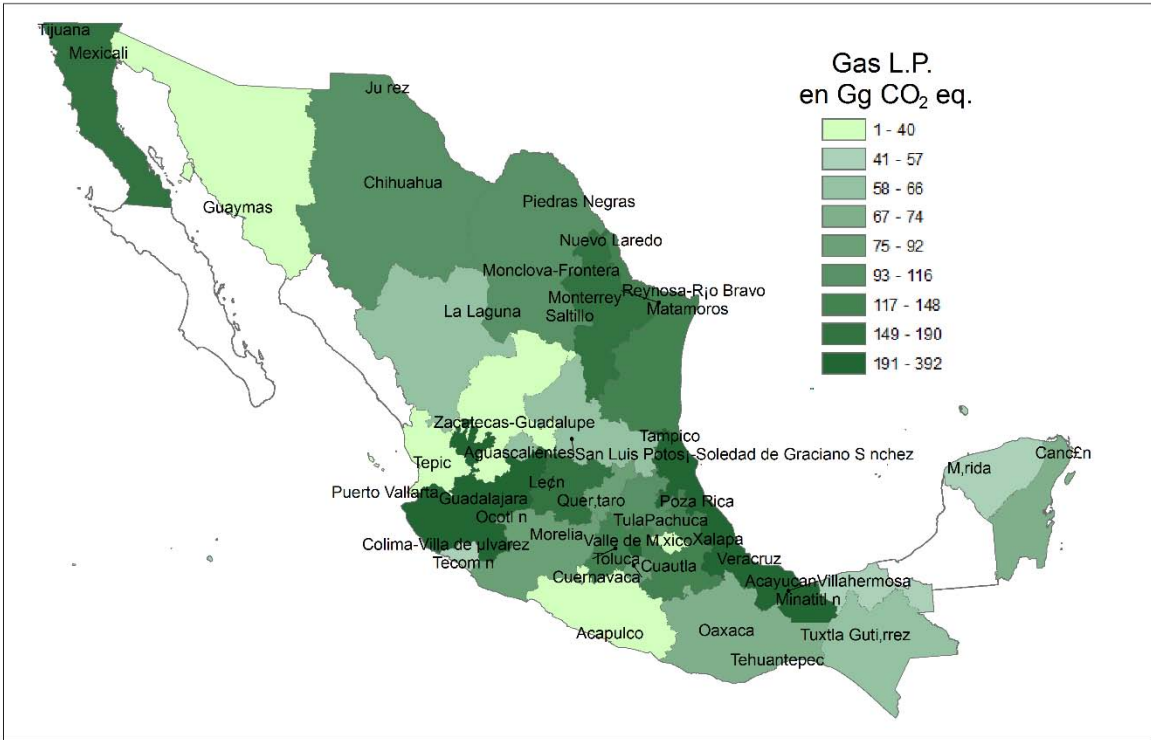


Figura 4-20 Huella de Carbono por consumo de Gas LP.

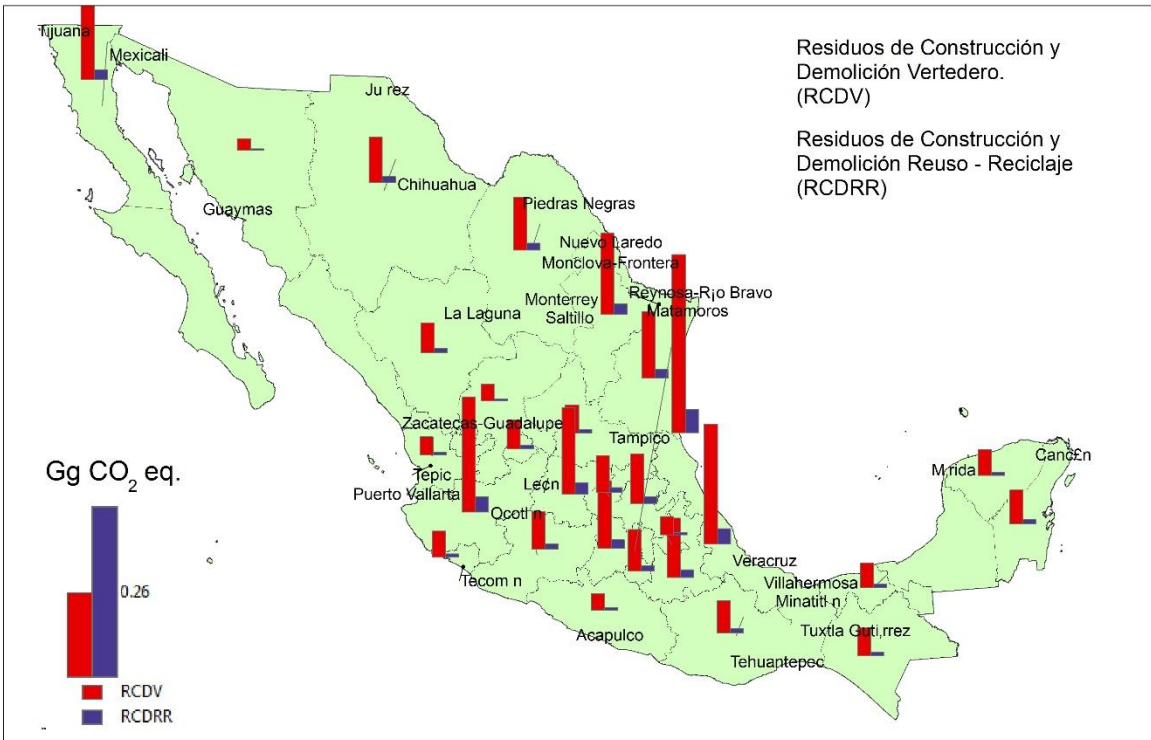


Figura 4-21 Huella de Carbono por Residuos de Construcción y Demolición con destino a vertedero y Residuos de Construcción y Demolición Reusó y Reciclaje.

4.4 INVENTARIO DEL ACV DE LA VIS EN MÈXICO

En este apartado se presentan los datos de entrada que se utilizaron en el ACV de la VIS, del inventario del sistema constructivo block, vigueta y bovedilla para la etapa de extracción de materias primas, manufactura y construcción de la vivienda (tabla 4.14).

En el Inventario se relacionan 27 materiales constructivos que según la revisión de literatura y trabajo experimental son los que se encuentran presentes en el sistema constructivo de block, vigueta y bovedilla (Domínguez, 2013).

Tabla 4-14 Inventario de materiales del sistema constructivo block, vigueta y bovedilla.

INSUMO	UNIDAD	PESO EN Kg	CANTIDAD POR VIVIENDA en Kg	TOTAL DE Kg
Cemento	T	1000	3660	27,850,290,946.67
Cemento Blanco	T	1000	286.34	2,178,866,751.28
Cal	Kg	1	243.26	1,851,055,129.97
Block 15x20x40	pza	12	809.08	6,156,588,360.42
Bovedilla 15x25x56	pza	20	307.19	2,337,522,097.24
Vigueta T - 3	m	21	65.82	500,848,674.89
Loseta de 30x30	ml	16.26	36.36	276,676,660.88
Loseta de 20x25	m2	11.97	7	53,265,583.78
Pegazulejo	m2	1	104.09	792,059,230.78
Grava	Kg	1147	6.7	50,982,773.04
Arena	m3	1345	10.6	80,659,312.58
Sascab	m3	1750	7.08	53,874,333.31
Clavos	m3	1	17.12	130,272,399.18
Alambre	Kg	1	15.87	120,760,687.79
Armex 15x15	Kg	1.33	107.46	817,702,804.68
Armex 15x20	ml	1.5	48.39	368,217,371.29
Varilla 3/8"	ml	1	53.13	404,285,780.87
Malla Electrosoldada	m2	0.96	47.45	361,064,564.32
Pasta texturizada	Kg	1	444.03	3,378,788,166.41
Pintura vinilica	L	1.17	55.99	426,048,576.53
Sellador	L	1.17	11.19	85,148,840.35
Madera	m3	600	0.22	1,674,061.20
Vidrio	m3	2.6	0.24	1,826,248.59
Marcos de ventana en aluminio	m2	2.7	4.8	36,524,971.73
Puertas interiores en madera	m2	600	8	60,874,952.89
Puertas Exteriores en hierro	m2	7.85	2.4	18,262,485.87
Ceramica sanitaria	Kg	22	2	15,218,738.22

4.5 RESULTADOS DE LOS IMPACTOS DE CICLO DE VIDA DE LA VIVIENDA VIS

Los resultados del ACV demuestran que la etapa de uso es la que más impacta en las viviendas, para el ACV se tuvieron en cuenta tres etapas la primera extracción y fabricación de materias primas, la segunda uso de la vivienda y finalmente la disposición de los RCD.

Los procesos que más contribuyen en la etapa de uso de la vivienda, es el transporte en automóvil y autobús que representan el 42% del total del impacto en la etapa, le sigue el consumo de electricidad con el 36%, esto debido por el consumo de combustible fósiles y energías no renovables. (Figura 22).

También representa un aporte al impacto de la vivienda por uso, la disposición de residuos sólidos fermentables, tratamiento de aguas residuales y consumo de gas LP con porcentajes de 12.4%, 2.33 % y 0.918 % respectivamente.

En la figura 4.23, en el apartado de extracción de materias primas, fabricación y construcción de la vivienda, fabricación de los materiales en concreto contribuyen de forma significativa en los impactos del ACV de la vivienda; de la losa prefabricada para el sistema de vigueta y bovedilla tiene un impacto de 1.55 % y el block de concreto aporta el 0.99 % de las viviendas de interés social con un impacto es representativo, porque la materia prima es para estos materiales constructivos es el concreto que es uno de los insumos en la industria de la construcción que más impacta al ambiente. Entre los impactos más conocidos se encuentran:

- Erosión del área de las canteras por la extracción continua de la piedra caliza y otros materiales
- Producción de gran cantidad de polvos provocados por el triturado de la piedra en la planta
- Emisiones de contaminantes al aire (monóxido de carbono, monóxido de nitrógeno, dióxido de azufre y partículas muy finas) dependiendo del tipo de combustible y proceso empleado durante la calcinación y combustión en el horno.
- El polvo de los residuos del horno forma el llamado Clinker, que puede contener metales pesados y otros contaminantes.

Otro material constructivo que representa un porcentaje considerable es la fabricación de marcos para ventanas en Aluminio estas aportan el 1.21 %; un ejemplo de esto es, en la fabricación de una tonelada de Aluminio se generan cinco toneladas de residuos minerales cargados de metales pesados; se emiten una elevada cantidad de dióxido de azufre, fluoramina y vapores de alquitrán que contaminan la atmosfera y provocan lluvia ácida, esto sin contar con la gran cantidad de energía que se emplea en su fabricación.

En la figura 4.24. se muestra la etapa de la disposición de RCD, en esta etapa el proceso que más impacta es la disposición de los RCD sin reciclar aportando un 52.9% de las emisiones, esto se debe a que los RCD que se disponen sin un previo reciclaje se convierten en residuos peligrosos que contaminan el suelo, mantos freáticos y en ocasiones emisiones a la atmosfera como los Clorofluorocarbonos (CFC), Hidroclorofluorocarbonos (HCFC) e Hidrofluorocarbonos (HFC) componentes del aire acondicionado con altos niveles de poder calorífico.

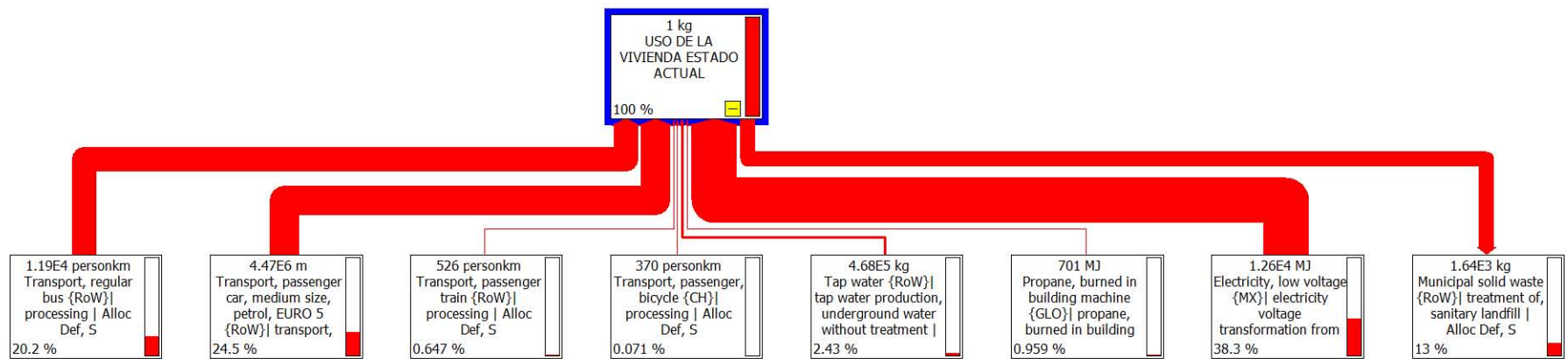


Figura 4-22 Flujograma principal Uso de la Vivienda para ACV

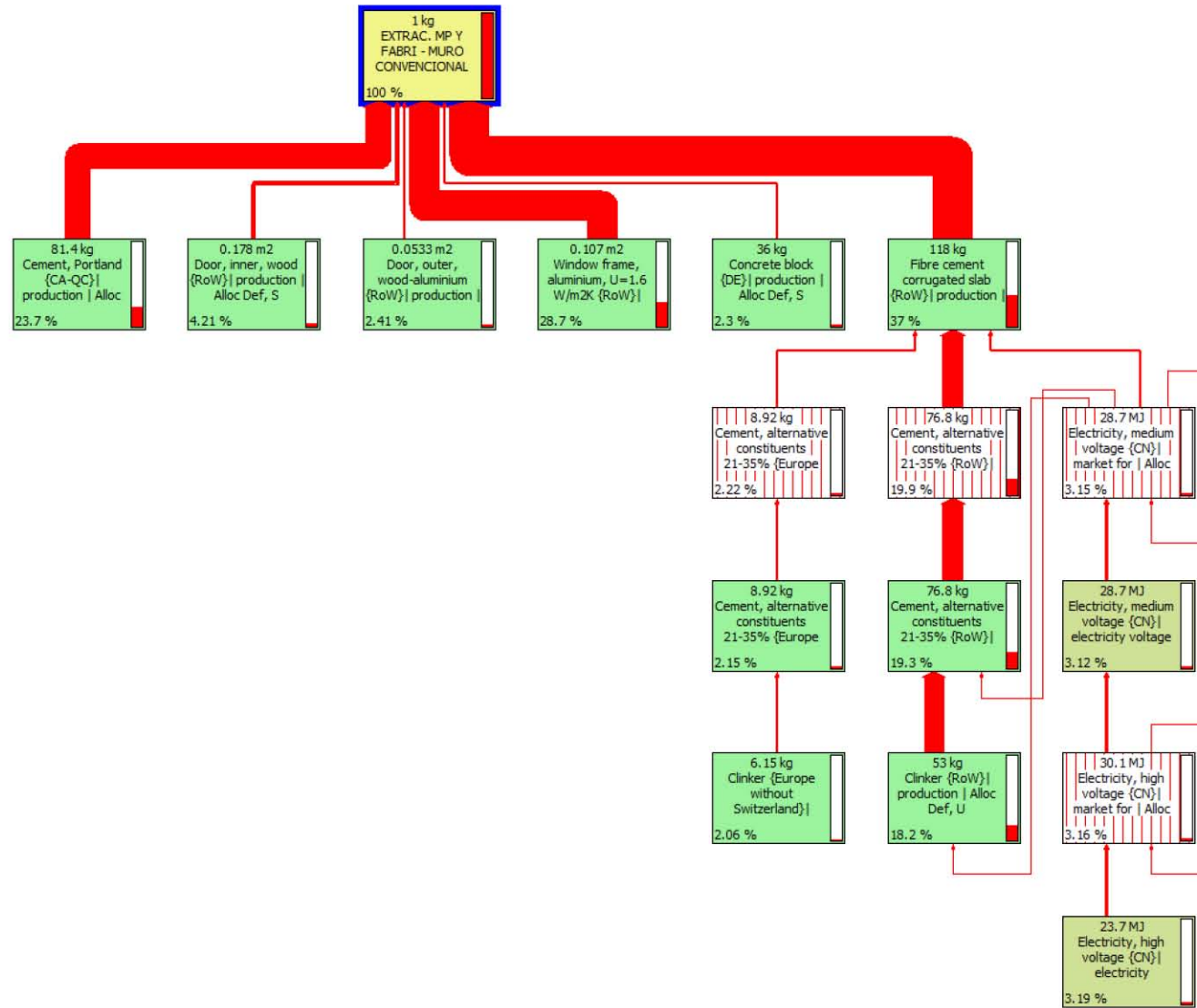


Figura 4-23 Flujograma ACV

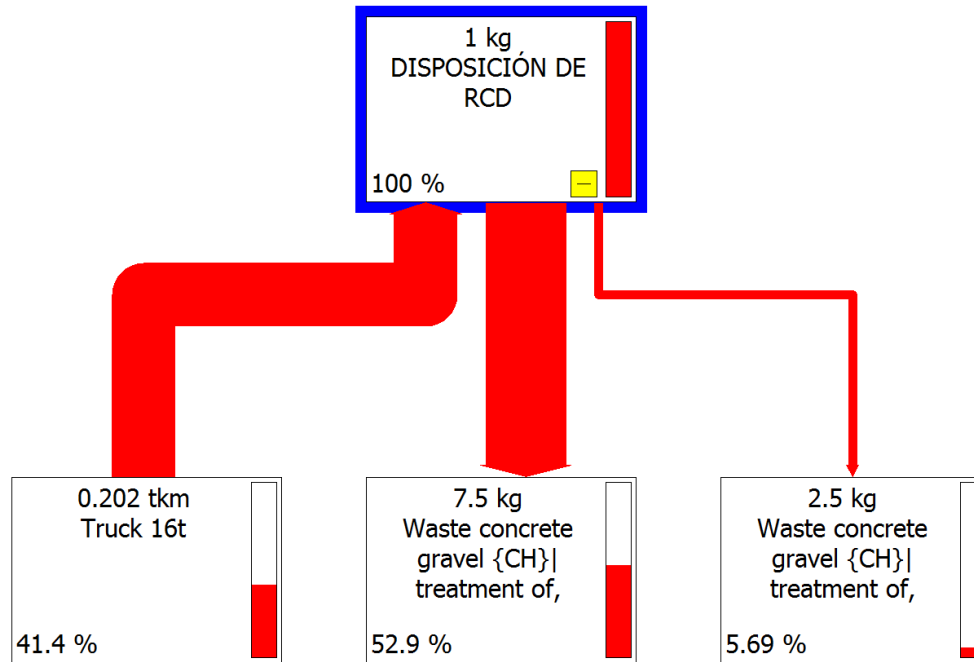


Figura 4-24 Analisis ACV por peso.

4.5.1 CLASIFICACIÓN DE RESULTADOS DEL INVENTARIO A CATEGORÍAS DE IMPACTO

En esta fase se asignan los resultados de los flujos y procesos unitarios del ICV a las diferentes categorías de impacto seleccionadas, se identifican y correlacionan todas las cargas ambientales a una o más categorías de impacto potenciales; determinadas sustancias pueden actuar simultáneamente en más de una categoría de impacto. Para este paso se utilizó el modelo de referencia PRé Consultants, que nos permitan definir qué impactos ambientales que están relacionados con cada una de las entradas y salidas del sistema de la VIS.

4.5.2.1. Caracterización

Los datos del ICV previamente clasificados fueron transformados en las sustancias equivalentes de sus respectivos indicadores de categoría, por medio de los modelos seleccionados y documentados con anterioridad.

Los resultados a continuación según las categorías de impacto escogidas para la Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida (EICV) convierten los datos de ICV en unidades de EICV gracias a los factores de caracterización que expresan la fuerza de la sustancia medida en relación con una sustancia de referencia.

En la tabla 4.15 se observan los impactos ambientales según las categorías seleccionadas, los colores más claros corresponden a las etapas que menos impactan y dependiendo el aumento de color su impacto es más alto.

La etapa de uso de la vivienda es la que más impactos provocan al ambiente durante su ciclo de vida lo cual coincide con otros resultados, aproximadamente el 80 y 98% del impacto ambiental de la vivienda se da en la etapa de uso, mientras que la fase de construcción representa un total de 1% a 20% y la fase de disposición de RCD representa aproximadamente menos 0,2-5% (Adalberth et al. 2001; Peuportier, 2001; Schreuer et al. 2003; Huberman y Pearlmutter, 2008; Blengini 2009; Ortiz et al. 2009a, b; Marique y Reiter 2010). Esta información coincide con los resultados obtenidos en este ACV, el uso representa el 95.8%, la extracción, fabricación y construcción de la vivienda el 4.2 y la disposición de RCD representaron el 1% en esta evaluación de impacto.

Tabla 4-15 Caracterización del impacto en el ACV.

CATEGORIA DE IMPACTO	UNIDADES	DISPOSICIÓN DE RCD	USO DE LA VIVIENDA ESTADO ACTUAL	EXTRAC. MP Y FABRI - MURO CONVENCIONAL
Climate change	Kg CO ₂ eq (al aire)	0.0027	95.7996	4.1977
Terrestrial acidification	Kg SO ₂ eq (suelo)	0.004	95.3154	4.6805
Freshwater eutrophication	Kg P eq (al agua dulce)	0.0009	93.1148	6.8843
Human toxicity	Kg 1,4-DB eq (al aire urbano)	0.0013	95.997	4.0017
Photochemical oxidant formation	Kg COVNM (al aire)	0.0079	96.6575	3.3347
Agricultural land occupation	m ² a (tierra agrícola por año)	0.0031	47.4129	52.584
Water depletion	m ³ (agua)	0.0004	99.5774	0.4222
Fossil depletion	Kg oil eq (Petróleo crudo)	0.0039	97.3613	2.6348

La figura 4.25 se observa los impactos al ambiente según las categorías escogidas para el ACV de vivienda de interés social en México 2000 – 2012.

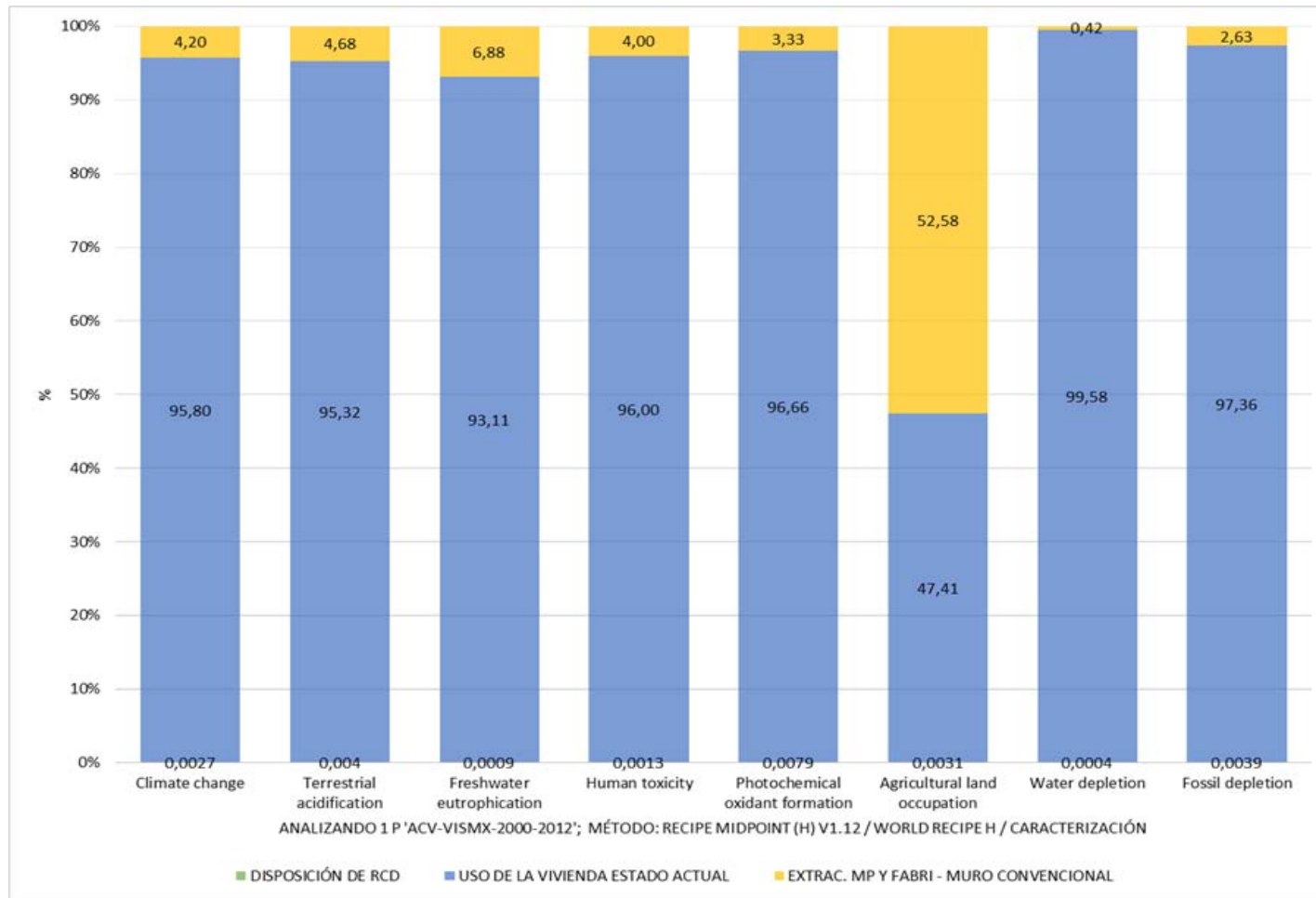


Figura 4-25 Caracterización del impacto.

En el análisis detallado de cada una de las categorías de impacto se reafirma que la etapa de uso es la que más impactos genera. En la figura 4.26, la categoría de impacto de Acidificación Terrestre las sustancias que más impactan en la etapa de uso son el Dióxido de Sulfuro (SO_2) y Óxido de Nitrógeno (NO), los efectos del SO_2 , se asocian en la etapa de uso a la quema de combustibles fósiles, lo cual ocurre de manera continua en el transporte público y privado que se emplea en la etapa de uso de la VIS y en la etapa de extracción de materias primas y fabricación el SO_2 se genera en las calderas y hornos de la fundición de metales.

El NO es un gas que se produce en la etapa de uso y en la etapa de extracción de materias primas y fabricación de insumos; se presenta en mayor cantidad en la etapa de uso de la VIS, es producido por el transporte público y privado que se da durante esta etapa y en la producción de energía.

El amoniaco (NH_3) por su parte genera acides, es decir que el suelo disminuye su pH, esta sustancia está en las tres etapas evaluadas y su presencia se debe a la generación de residuos sólidos, lo cual impacta disminuyendo los nutrientes del suelo, agotando la capacidad de amortiguamiento del suelo y disminuyendo el crecimiento de las plantas y de los procesos microbiológicos que ocurren en el suelo.

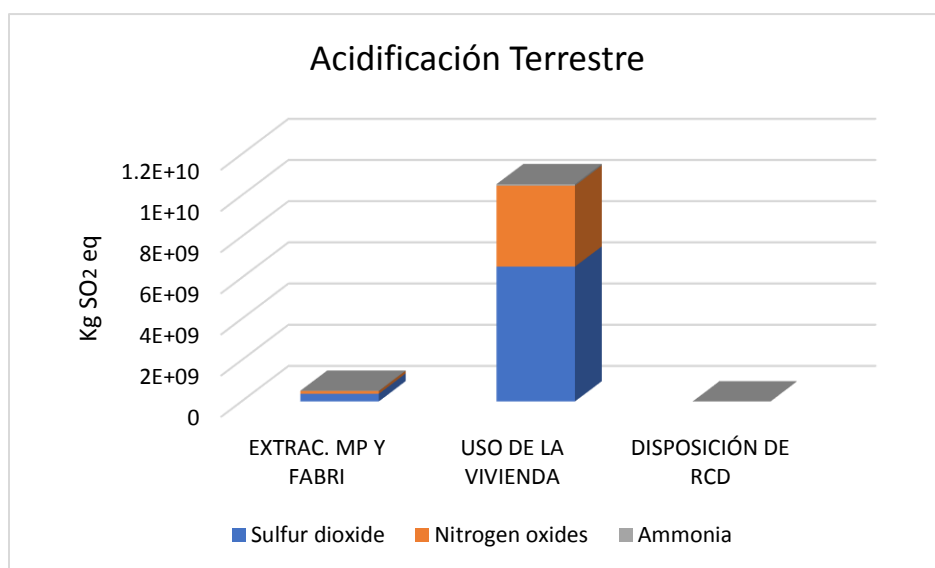


Figura 4-26 Acidificación Terrestre en las etapas del ACV de la VIS de México.

En la Figura 4.27, se muestra el análisis de la categoría de impacto agotamiento de agua, el impacto más representativo es en la etapa de uso y se da en el consumo de agua por la VIS y el trayecto hasta llegar a las viviendas.

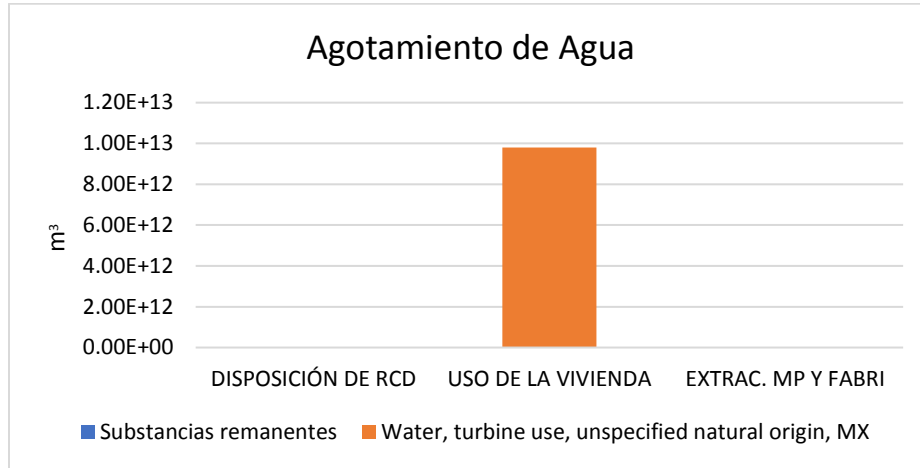


Figura 4-27 Acidificación Terrestre en las etapas del ACV de la VIS de México.

En la figura 4.28, se muestran los resultados de la categoría de impacto Eutrofización, lo que allí se demuestra es que la etapa de uso es la que más favorece a enriquecer los cuerpos de agua con nutrientes lo cual es anormal, genera un aumento de biomasa y empobrecimiento de la diversidad. Esto se presenta por la contaminación urbana por medio de los residuos orgánicos e inorgánicos, para el caso de la VIS es por la generación de residuos sólidos fermentables, estos aportan materia orgánica favoreciendo la proliferación de flora eutrófica, disminuyendo el espejo de agua y la corriente.

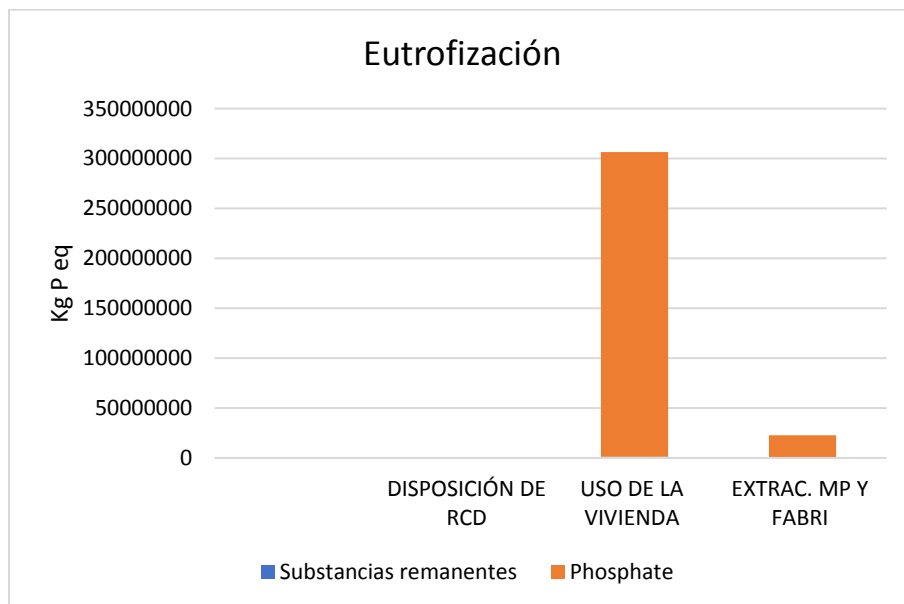


Figura 4-28 Eutrofización en las etapas del ACV de la VIS de México.

En la figura 4.29, en la categoría de cambio climático y agotamiento fósil se evidencia que la etapa de uso es la que más contribuye con Dióxido de Carbono (CO₂), y el metano (CH₄) esto se debe a la combustión de combustibles fósiles y para este caso de la VIS el transporte representa el 70% de las entradas del ICV para la VIS, lo cual repercute en las emisiones de CO₂, otro factor que influye es el consumo de energía que representa el 22% de las emisiones totales.

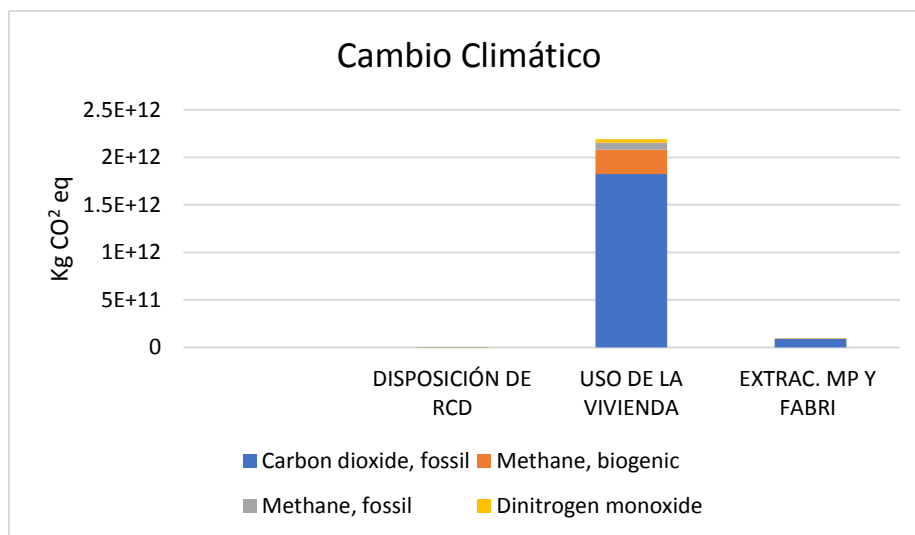


Figura 4-29 Cambio Climático en las etapas del ACV de la VIS de México.

En la figura 4.30, se muestra la categoría de impacto de agotamiento fósil, lo que evidencia la dependencia que tenemos al petróleo y gas natural, para este estudio se refleja en la etapa de uso de la vivienda un impacto del 90%, esto se refiere a la etapa de transporte y consumos internos de gas dentro de las VIS.

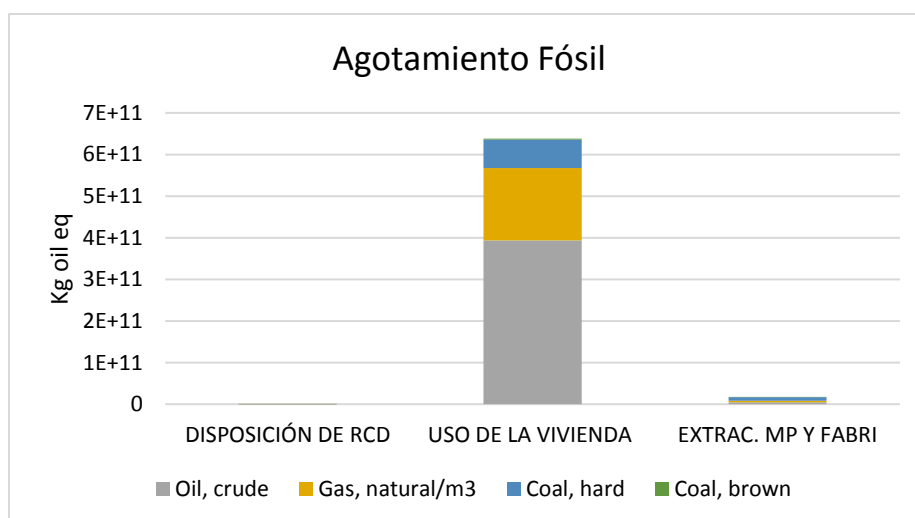


Figura 4-30 Agotamiento Fósil en las etapas del ACV de la VIS de México.

En la figura 4.31 se observa la categoría de impacto, formación de fotooxidantes químicos, la etapa que más contribuye la formación de estos es la etapa de uso por el transporte y la localización de las VIS. Los dos ejemplos más significativos de esta categoría es la formación de oxidantes fotoquímicos y las lluvias acidas y se relacionan directamente con el aumento del ozono en el ambiente.

La formación de fotooxidantes se da por la quema de combustibles y solventes, reciben este nombre porque son productos de las reacciones entre los óxidos de nitrógeno (NO) y compuestos orgánicos volátiles presentes en el humo de los vehículos. La reacción ocurre en presencia de luz solar, de ahí el uso de término fotoquímico.

La combustión incompleta tiene como producto principal ozono y así este compuesto se utiliza como parámetro indicador de presencia de oxidantes químicos en la atmósfera, estos componentes cuando se liberan a la atmósfera contribuyen a la aparición del smog.

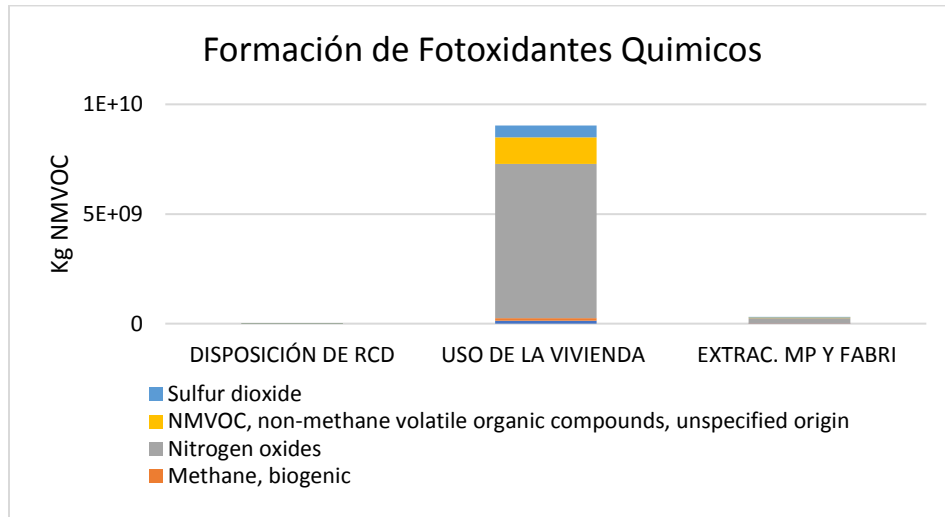


Figura 4-31 Formación de Fotooxidantes químicos en las etapas del ACV de la VIS de México.

La categoría ocupación del suelo agrícola (Figura 4-32), muestra un impacto importante de los RCD al suelo, lo cual responde a la disposición en relleno sanitario, en la etapa de uso el impacto se da por la construcción masiva de vivienda en la periferia urbana y el impacto en la etapa de extracción de materias primas y fabricación es por la extracción de recursos naturales del suelo.

Lo que permite concluir esta categoría de impacto es que cualquier actividad durante el ciclo de vida de un producto en este caso partícula la VIS, va a generar impactos por la utilización ocupación de los recursos naturales.

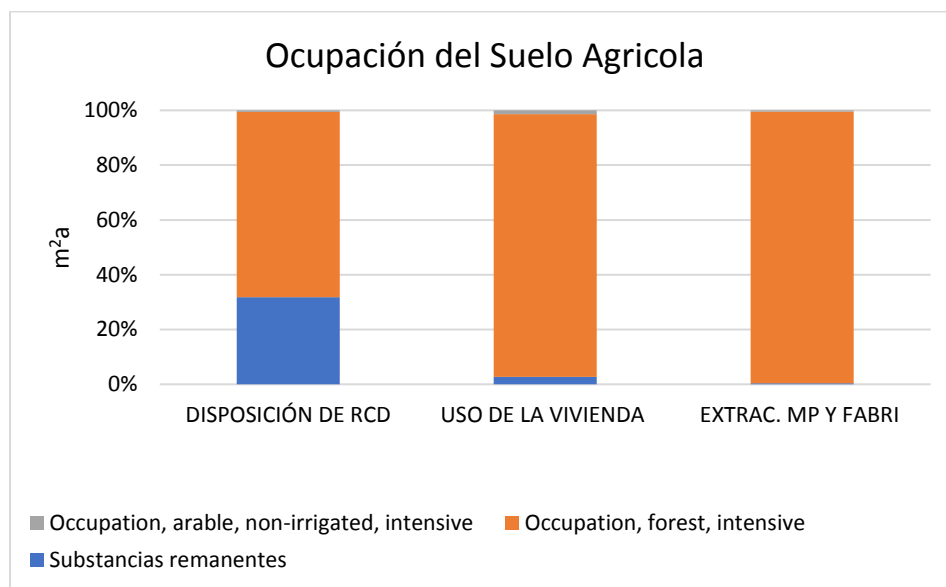


Figura 4-32 Ocupación del Suelo Agrícola en las etapas del ACV de la VIS de México.

Los elementos tóxicos de la figura 4.33 se encuentran íntimamente relacionados con la industria de la construcción y en la etapa de uso de las viviendas, algunos de ellos están presentes en la extracción de materias primas como el hierro, acero, cobre, zinc, plomo entre otros.

La figura permite concluir que, en la etapa de uso, es donde hay más presencia de elementos tóxicos a través del ciclo de vida de la vivienda. Entre los elementos presentes están el Mercurio por la combustión de combustibles fósiles como carbón, incineración de residuos, Cadmio se genera por la incineración de residuos y combustión de combustibles fósiles y el Plomo se da por la combustión de gasolina y la minería.

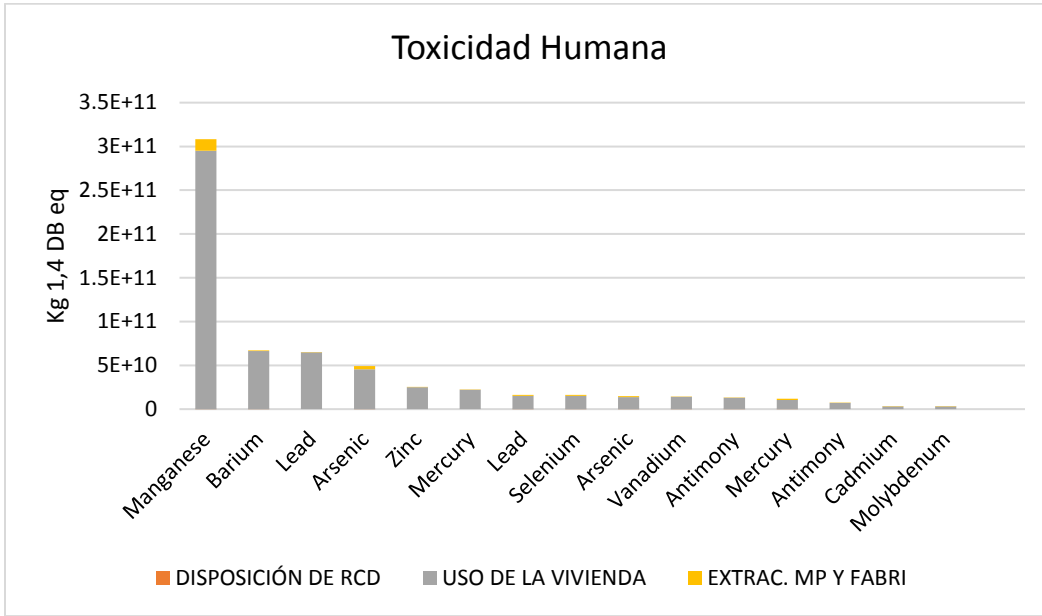


Figura 4-33 Toxicidad Humana en las etapas del ACV de la VIS de México.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 HUELLA DE CARBONO

En México el diseño de las políticas públicas ha dejado a un lado factores importantes como la localización que se debe considerar por los impactos ambientales, sociales y económicos de las ciudades y espacios donde habitamos.

Encontramos ciudades que no tienen límites claros han dejado de ser ciudades, hablamos ahora mismo de zonas metropolitanas o regiones que no permiten la integración y el gozo equitativo de los espacios, que se transforman en grandes aglomeraciones que superan en ocasiones el ritmo de crecimiento demográfico, este tipo de expansión origina crecientes demandas de transporte, que comprometen significativamente la sostenibilidad y calidad de vida en las ciudades.

La expansión de zonas residenciales suburbanas, lejos del trabajo, sin servicios próximos ni infraestructura de ocio, implica grandes distancias que no permiten rentabilizar un esquema de transporte público; lo cual refuerza el modelo de ciudad para el automóvil y profundiza la dependencia de los hogares a este medio de transporte y la exclusión de quienes no cuentan con él.

En México el promedio de recorrido de la vivienda de interés social construida durante el 2000 - 2012 es aproximadamente de 20 Kilómetros ida y regreso, con velocidades promedio en horas pico de 11 a 14 Kilómetros por hora en la Zona Metropolitana del Valle de México el promedio diario es de 60 Kilómetros ida y regreso, con una velocidad promedio entre 8 y 11 km/hora, destinando alrededor de cinco horas del día para los traslados.

Los resultados obtenidos en esta investigación apoyan lo anterior expuesto, la localización de las viviendas es el factor más importante para construir ciudades equitativas y sostenibles ambientalmente. El modelo de crecimiento disperso de las ciudades hasta hoy empleado ha generado impactos ambientales, sociales y económicos entre los habitantes.

En consecuencia, se deben prever modelos de crecimiento que contengan las ciudades para disminuir los impactos ambientales en la etapa de uso y generar un transporte colectivo que conecte de forma eficiente los centros urbanos con las periferias construidas donde se localizan los desarrollos habitacionales.

En la etapa de uso el transporte contribuye con el 70 % al total de la HC de la VIS en México, esto sin duda demuestra que se requieren proyectos que incentiven la conversión del parque vehicular de usar combustibles fósiles por biocombustibles.

Respecto al proceso metodológico y al uso de incorporar información económica como base para generar los ICV, se puede decir que, la Matriz Insumo – Producto está siendo vista como uno de los más útiles instrumentos de análisis empírico y de planeación nacional y regional. En este sentido muchos países como Estados Unidos, Japón, Portugal, Suecia, China, Holanda, Alemania, Dinamarca entre otros, cuentan con análisis realizados empleando la Matriz Insumo – Producto, que avalan sus

programaciones económicas y contribuyen a la construcción de sofisticados modelos de pronóstico y simulación.

Actualmente a las ya conocidas tradicionales aplicaciones en cuestión de proyección económica, requerimientos productivos, suministro de insumos, efectos multiplicadores, se le agregan ahora temas como las relaciones entre medio ambiente y sistemas productivos, así como el cambio tecnológico, mitigación y en general evaluaciones de decisiones de Gobierno en materia fiscal.

En materia de política pública la Matriz Insumo – Producto permite evaluar de forma real los intercambios entre los sectores industriales, de esta forma se pueden conocer los efectos negativos o positivos de una política pública. También podemos decir que la elaboración del Inventario Ciclo de Vida Híbrido es apto para evaluar los impactos ambientales que se presentan en cada una de las etapas e instrumentación de una Política Pública.

De esta forma es factible considerar al Análisis de Ciclo de vida como una metodología que se fortalece a través de sus diversas aplicaciones, considerando de forma holística los impactos, una aplicación posible es la evaluación de Políticas Públicas.

5.2 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA VIVIENDA

La rapidez con que todo evoluciona no siempre permite garantizar que los materiales que salen al mercado tengan un desarrollado suficiente y probado para asegurar que su impacto en el medio ambiente y, especialmente, en la salud de las personas resulte tolerable. La construcción no es ajena a estas limitaciones, de manera especial las relacionadas con el medio ambiente, la contaminación local y global, la calidad del aire exterior e interior de las construcciones y, en algunos casos, con la calidad del agua potable. Parece evidente que, hasta ahora, el sector de la construcción no se ha preocupado por dichos aspectos; la confianza en las nuevas tecnologías incorpora la utilización de materiales poco experimentados, de los que se desconocen muchas de sus características. Por otra parte, la constante investigación en el campo de la toxicología impulsa a los países occidentales a establecer disposiciones que limitan o prohíben el uso de sustancias tóxicas en materiales de uso para el hombre. Por lo tanto, la recomendación es que los materiales de construcción sean sometidos a estudios rigurosos en cuanto a sus características mecánicas y ambientales antes de ser comercializados.

El análisis de ciclo de vida es, sin duda, la herramienta de gestión ambiental que se está perfilando como la más sistemática, global y objetiva para afrontar los retos futuros, por lo que se recomienda lo siguiente gestionar de forma sustentable los recursos, esto implica acercarse progresivamente hacia la producción limpia, objetivo que significa no sólo el menor consumo de recursos –materias primas y energía– sino la enérgica reducción de los residuos por medio de la integración de la reutilización y el reciclaje de los mismos en el proceso de producción. Los bienes así elaborados deben a su vez ser diseñados para alcanzar una mayor durabilidad duplicar la vida útil de los elementos significa disminuir los residuos a la mitad.

Analizar las etapas sucesivas de un elemento, proceso, o servicio desde la extracción de los recursos naturales hasta su disposición final, permitirá llevar a los municipios de la zona, aportes y

sugerencias para la elaboración de normas y reglamentos ambientalmente sustentables en materia de gestión de residuos sólidos, de manera especial de los RCD.

Considerar la sustentabilidad de una vivienda, es necesario tener en cuenta todas las fases de su ciclo de vida. Esto incluye desde que la obra es proyectada y ejecutada, el uso y explotación a lo largo de su vida útil y el fin de ella, momento en el cual la construcción deberá ser reincorporada nuevamente al medio ambiente.

Tomar en cuenta que la etapa de proyecto de la vivienda no es considerada como una fase del ciclo de vida, porque la vivienda no existe aún. Sin embargo, esta etapa es decisiva en el logro de una vivienda sustentable, en la medida en que el proyecto resuelva de forma adecuada e integral los diferentes factores que la condicionan.

Priorizar las inversiones en investigación, desarrollo e innovación destinadas a potenciar y mejorar el conocimiento de la situación de los residuos, impulsar las más avanzadas técnicas en su gestión, así como la búsqueda de salidas y usos comerciales de los materiales reciclados procedentes de los residuos. Usar el ACV como una herramienta para la toma de decisiones en los distintos tipos de sectores el industrial, comercial, gobierno y la planificación urbana.

Para concluir, al considerar que la fase que más impacta es el uso de la vivienda, debido a la localización relativa de las viviendas, se deben buscar mecanismos de planificación territorial que permitan integrar los desarrollos habitacionales con la infraestructura de la ciudad, generando nuevos hitos o centros de desarrollo que potencien el empleo, educación, salud y ocio, lo cual disminuiría notablemente el impacto ambiental, en el transporte y movilidad repercutiendo notablemente en la calidad de vida de sus habitantes.

5.3 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Esta tesis de doctorado fortalece la planificación territorial desde un enfoque ciclo de vida, lo que permite evaluar a través de su ciclo de vida o gestión los impactos ambientales; con ello se obtiene información cuantitativa que nos acerca a la realidad para desarrollar políticas públicas que se enfoquen en mitigar la emisión de GEI enfocadas al cambio climático.

Específicamente es posible trabajar en las siguientes líneas de investigación:

Mejorar la calidad de los datos, que se apliquen modelos económicos para desagregar las matrices Insumo – Producto y se puedan contar con datos desagregados a nivel de clase de cada uno de los subsectores para disminuir la incertidumbre en la información

Aplicarla el enfoque de ciclo de vida a la gestión del territorio, fortalece la investigación desde la perspectiva ambiental, social y económica; ya que la metodología de ACV permite generar información cuantitativa para cada enfoque.

Realizar estudios comparativos de los modelos de crecimiento de las ciudades para identificar cual es el que más conviene en México, de esta forma es posible determinar los patrones de crecimiento que más impactan ambiental, social y económicamente a la población.

Se debe trabajar en identificar y comparar las tipologías de los desarrollos habitacionales en México de la VIS, para cuantificar los impactos ambientales a través del ciclo de vida de la vivienda lo cual permite generar una línea base en la toma de decisiones.

6 REFERENCIAS

Akhabbar A., G. Antille, E. Fontella y A. Pulido. (2011). Input-Output in Europe: Trends in Research and Application, MPRA Paper, núm. 30208, <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/30208>.

Adalberth, K., Almgren, A., & Petersen, E. H. (2001). Life-cycle assessment of four multi-family buildings. *International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings*.

Ala-Mantila, S., Heinonen, J., & Junnila, S. (2014). Relationship between urbanization, direct and indirect greenhouse gas emissions, and expenditures: A multivariate analysis. *Ecological Economics*, 104, 129-139.

Alarco Tosoni, G. (2005). Escenarios de expansión eléctrica para México 2005-2015 con redistribución del ingreso y emisiones de CO₂. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 36(142).

Arellano Ramos, B., & Roca Cladera, J. (2010). El urban sprawl, ¿un fenómeno de alcance planetario? Los ejemplos de México y España. *ACE: architecture, city and environment*, 4(12), 115-148.

Arena, P. A. (2005). Análisis del Ciclo de Vida y la Sustentabilidad ambiental del sector Edificio en Argentina. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza: Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda. INCIHUSA. Cricyt (CONICET). Grupo CLIOPE – Energía, ambiente y desarrollo sustentable.

Aroche, F., (2013). La Investigación sobre el Modelo Insumo – Producto en México. Orígenes y Tendencias. *Estudios Económicos*. Vol. 28, N° 2, Pag. 249 – 264.

Ascher, F. (1995). *Métapolis: ou l'avenir dès villes*. Odile Jacob.

Azapagic, A., Perdan, S., & Clift, R. (2004). *Sustainable development in practice. Case studies for engineers and scientists*. West Sussex, Reino Unido: John Wiley & Sons, Ltd.

Baril, C. F., Marion, S. T., & Reynaga, N. S. Huella de agua. *REALIDAD, DATOS Y ESPACIO REVISTA INTERNACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA*, 58.

Barona Diaz, E. (2006). *Tecnologías de construcción de la vivienda en Puebla*. Gobierno del Estado de Puebla.

Barrett, J., Peters, G., Wiedmann, T., Scott, K., Lenzen, M., Roelich, K., & Le Quéré, C. (2013). Consumption-based GHG emission accounting: a UK case study. *Climate Policy*, 13(4), 451-470.

Bauer, G., & Roux, J. M. (1976). *La rurbanisation ou la ville éparpillée*, Ed du Seuil.

Baumann, Henrikke & Tillman, Anne-Marie. (2004). *The Hitch Hiker's Guide to LCA*. Lund, Sweden: Studentlitteratur AB.

Berry, B. (1976). *The Counterurbanization Process: Urban American since 1970*, en *Urbanization and Counterurbanization*, Beverly Hills.

- Blengini, G. A. (2006). Life cycle assessment tools for sustainable development: case studies for the mining and construction industries in Italy and Portugal. Technical University of Lisbon.
- Bribián, I. Z., Capilla, A. V., & Usón, A. A. (2011). Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and Environment*, 46(5), 1133-1140.
- Bullard, C. W., Penner, P. S., & Pilati, D. A. (1978). Net energy analysis: Handbook for combining process and input-output analysis. *Resources and energy*, 1(3), 267-313.
- Burgan, B. A., & Sansom, M. R. (2006). Sustainable steel construction. *Journal of constructional steel research*, 62(11), 1178-1183
- Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública LIX Legislatura (2006). *La vivienda en México: Construyendo análisis y propuestas*.
- Centro de Investigación y Documentación de la Casa A.C. (CIDCO). (2010). *Estado actual de la Vivienda en México 2010*. Primera Edición. Pág. 80
- Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN). (2011). *Efecto Invernadero*. [http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content%26view%3Dcategory%26layout%3Dblog%26id%3D99%26Itemid%3D132%26lang%3Des](http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category%26layout%3Dblog%26id%3D99%26Itemid%3D132%26lang%3Des)
- Cobos, E. P. (2015). *De la ciudad compacta a la periferia dispersa*. Expediente Ciudades, Puebla – México
- Comisión Chilena del Cobre (CCHC), (2007). *Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de la Minería del Cobre de Chile*. Dirección de Estudios. Pág. 2.
- Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI). (2014). *NAMA apoyada para la vivienda existente en México acciones de mitigación y paquetes financieros*.
- Consoli, F., et al., (1993). *Guidelines for Life-Cycle Assessment: A 'Code of Practice' SETAC, Brussels, Belgium*.
- Córdoba, O., Guevara, Z., & Bouchaín, R. *Energy Input–Output Analysis for México with an extension of the hybrid model*.
- Coulomb, R. 2006. “La Vivienda en Arrendamiento”, en René Coulomb y Martha Schteingart (coordinadores.). *Entre el Estado y el mercado: La Vivienda en el México de hoy*. México: Miguel Ángel Porrúa, UAM - Azcapotzalco; Cámara de Diputados, LIX Legislatura.
- Cuéllar-Franca, R. M., & Azapagic, A. (2012). Environmental impacts of the UK residential sector: life cycle assessment of houses. *Building and Environment*, 54, 86-99.
- Chacón J., (2008). *Historia ampliada y comentada del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), con una bibliografía selecta*. Programa de Ingeniería Industria de la Escuela Colombiana de Ingeniería. *Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería N° 72*, Pág. 37 – 70.

Dante, R.C., Güereca, L.P., Neri, L., Escamilla, J.L., Aquino, L. and Celis, J., (2002). "Life Cycle Analysis of Hydrogen Fuel: Methodology for a strategic Approach of Decision Making", *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 27/2 Pág. 131-133, 2002.

Davidovits, J. (1994). Global warming impact on the cement and aggregates industries. *World Resource Review*, 6(2), 263-278.

Department of Energy (DOE). (1997). Manufacturing consumption of energy 1994. Washington, DC: Energy Information Administration, US Department of Energy. DOE/EIA-0512 (94), December.

Depledge, J. L. (2004). Cuidar el clima: guía de la convención sobre el cambio climático y el protocolo de Kyoto (No. 363.73874 C966). Secretaría de la Convención Marco sobre el Cambio Climático, Bonn (Alemania).

Ding, G. K. (2007). Life cycle energy assessment of Australian secondary schools. *Building Research & Information*, 35(5), 487-500.

Druckman, A., & Jackson, T. (2009). The carbon footprint of UK households 1990–2004: a socio-economically disaggregated, quasi-multi-regional input–output model. *Ecological economics*, 68(7), 2066-2077.

Druckman, A., & Jackson, T. (2010). The bare necessities: How much household carbon do we really need? *Ecological Economics*, 69(9), 1794-1804.

Eibenschutz, R., Goya, C. (2009). Estudio de la integración urbana y social en la expansión reciente de las ciudades en México 1996 – 2006: dimensión, características y soluciones. Universidad Autónoma Metropolitana.

Fan, J., Guo, X., Marinova, D., Wu, Y., & Zhao, D. (2012). Embedded carbon footprint of Chinese urban households: structure and changes. *Journal of Cleaner Production*, 33, 50-59.

Farell, C., Turpin, S., Suppen, N., (2013). Huella de Agua de uso público-urbano en México. Realidad, Datos y Espacio, *Revista Internacional de Estadística y Geografía*. Publicada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). http://www.inegi.org.mx/RDE/RDE_08/RDE_08_Art4.html

Fava, J.A., et al., (1991). A Technical Framework for Life-Cycle Assessment. SETAC, Brussels, Belgium.

Fay, R., Treloar, G., & Iyer-Raniga, U. (2000). Life-cycle energy analysis of buildings: a case study. *Building Research & Information*, 28(1), 31-41.

Flores, R., Ponce G. 2006. "Vivienda y Dinámica Demográfica", en René Coulomb y Martha Scheingart (coords.). *Entre el Estado y el mercado: La vivienda en el México de hoy*. México: Miguel Ángel Porrúa, UAM-Azcapotzalco; Cámara de Diputados, LIX Legislatura.

Gavrilova, O., & Vilu, R. (2012). Production-based and consumption-based national greenhouse gas inventories: An implication for Estonia. *Ecological Economics*, 75, 161-173.

- Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., De Schryver, A., Struijs, J., & Van Zelm, R. (2009). ReCiPe 2008. A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level, 1.
- Güereca, L. (2006). Desarrollo de una Metodología para la Valoración en el Análisis de Ciclo de Vida Aplicada a la Gestión Integral de Residuos Municipales. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Güereca, L., Torres, N., Noyola, A., (2013). Carbon footprint as a basis for a cleaner research institute in México. *Journal of Cleaner Production*, Volume 47, May 2013, Pages 396–403.
- Guevara, Z., Sousa, T., & Domingos, T. (2016). Insights on Energy Transitions in Mexico from the Analysis of Useful Exergy 1971–2009. *Energies*, 9(7), 488.
- Guggemos, A. A., & Horvath, A. (2005). Comparison of environmental effects of steel-and concrete-framed buildings. *Journal of infrastructure systems*, 11(2), 93-101.
- Hábitat, O. N. U. (2015). Reporte Nacional de Movilidad Urbana en México 2014-2015. México: ONU HABITAT
- Heijungs, R., (1994). A generic method for the identification of options for cleaner products. *Ecological Economics* Vol. 10, Pág. 69– 81.
- Heijungs, R., Suh, S., (2002). *Computational Structure of Life Cycle Assessment*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Netherlands.
- Hendrickson, C., Horvath, A., Joshi, S., Lave, L., (1998). Economic input–output models for environmental life cycle assessment. *Environmental Science and Technology/News*, April 1, 184–190.
- Holden, E. (2001). Boligen som grunnlag for bærekraftig forbruk. Doktor Ingeniøravhandling, Fakultetet for arkitektur, plan og billedkunst, Institutt for by-og regionplanlegging, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Trondheim (PhD thesis).
- Holden, E., & Norland, I. T. (2005). Three challenges for the compact city as a sustainable urban form: household consumption of energy and transport in eight residential areas in the greater Oslo region. *Urban studies*, 42(12), 2145-2166.
- Hong, J., Shen, G. Q., Mao, C., Li, Z., & Li, K. (2016). Life-cycle energy analysis of prefabricated building components: an input–output-based hybrid model. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2198-2207.
- Høyer, K. G., & Holden, E. (2003). Household consumption and ecological footprints in Norway—does urban form matter? *Journal of Consumer Policy*, 26(3), 327-349.
- Huberman, N., & Pearlmutter, D. (2008). A life-cycle energy analysis of building materials in the Negev desert. *Energy and Buildings*, 40(5), 837-848.
- Huntzinger, D. N., & Eatmon, T. D. (2009). A life-cycle assessment of Portland cement manufacturing: comparing the traditional process with alternative technologies. *Journal of Cleaner Production*, 17(7), 668-675.

Huppes, G., Koning, A., Suh, S., Heijungs, R., Oers, L., Nielsen, P., & Guinée, J. B. (2006). Environmental Impacts of Consumption in the European Union: High-Resolution Input-Output Tables with Detailed Environmental Extensions. *Journal of Industrial Ecology*, 10(3), 129-146.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2015). Primer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México, 2015.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (INEGI). (2011). Sistema de Cuentas Nacionales de México (SCNM), Metodología.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (INEGI). (2012). Sistema de Cuentas Nacionales de México. Cuadros de Oferta y Utilización (COU).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (INEGI). (2013). Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México (SCIAN).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (INEGI). (2013). Sistema de Cuentas Nacionales de México. Cuadros de Oferta y Utilización (COU). Fuentes Metodológicas.

Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo, México, (ITDP). (2011). La Movilidad en bicicleta como Política Pública, Manual integral de movilidad ciclista para ciudades mexicanas. México, 2011.

International Energy Agency (IEA). (2012). Energy Policies of EIA Countries. The United Kingdom. Paris Cedex, France. 2012.

ISO 14044 (2006) Environmental Management—Life Cycle Assessment—Principles and Framework; European Committee for Standardisation: Brussels, Belgium, 2006.

Janoschka, M. (2002). El nuevo modelo de la ciudad latinoamericana: fragmentación y privatización. *Eure (Santiago)*, 28(85), 11-20.

Jasny, N. (1962). The Russian Economic Balance of National Income and the American Input-Output Analysis, *Soviet Studies*, 14: 75-80.

Kennedy, C. A. (2002). A comparison of the sustainability of public and private transportation systems: Study of the Greater Toronto Area. *Transportation*, 29(4), 459-493.

Kitzes, J. (2013). An introduction to environmentally-extended input-output analysis. *Resources*, 2(4), 489-503.

La vivienda en México: Construyendo análisis y propuestas. (2006). Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública LIX Legislatura.

Larsen, H. N., & Hertwich, E. G. (2011). Analyzing the carbon footprint from public services provided by counties. *Journal of Cleaner Production*, 19(17), 1975-1981.

Lenzen, M., (2002). A guide for compiling inventories in hybrid lifecycle assessments: some Australian results. *Journal of Cleaner Production* 10, 545– 572.

- Leontief, W. (1941) *The Structure of the American Economy, 1919 -1939*. Oxford, UK, Oxford University Press.
- Leontief, W.W., (1936). Quantitative input and output relations in the economic system of the United States. *The Review of Economic Statistics* 18 (3), 105– 125.
- Madloul, N. A., Saidur, R., Hossain, M. S., & Rahim, N. A. (2011). A critical review on energy use and savings in the cement industries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(4), 2042-2060.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & Hyndman, R. J. (2008). *Forecasting methods and applications*. John Wiley & Sons.
- Marique, A. F., & Reiter, S. (2010). A method to assess global energy requirements of suburban areas at the neighbourhood scale. In *Proceedings of the 7th International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation and Energy Conservation in buildings*.
- Markaki, M., Belegri-Roboli, A., Michaelides, P., Mirasgedis, S., & Lalas, D. P. (2013). The impact of clean energy investments on the Greek economy: An input–output analysis (2010–2020). *Energy Policy*, 57, 263-275.
- Martínez, M. F., & Osnaya, P. (2004). *Cambio climático: una visión desde México*. A. F. Bremauntz (Ed.). Instituto Nacional de Ecología.
- Maya, Esther y Maycotte, Elvira. (2011). La pérdida del valor social de la vivienda. México. *Revista Academia XXII*, num. 2.
- Metz, B., Davidson, O., De Coninck, H., Loos, M., & Meyer, L. (2005). *Carbon dioxide capture and storage*.
- Miller, R.E., Blair, P.D., (2009). *Input Output Analysis: Foundations and Extension*. New Jersey, Prentice Hall.
- Minx, J., Baiocchi, G., Wiedmann, T., Barrett, J., Creutzig, F., Feng, K., & Hubacek, K. (2013). Carbon footprints of cities and other human settlements in the UK. *Environmental Research Letters*, 8(3), 035039.
- Mithraratne, N., & Vale, B. (2004). Life cycle analysis model for New Zealand houses. *Building and Environment*, 39(4), 483-492
- Molina, Centro. Mario (CMM). (2014). *Vivienda Sustentable. La localización como factor estratégico para su desempeño ambiental, económico y social*.
- Moriguchi, Y., Kondo, Y., Shimizu, H., (1993). Analyzing the life cycle impact of cars: the case of CO₂. *Industry and Environment* 16, 42–45.
- Morillón, D., Rincón, E., Bautista, T., (2007). *Guía metodológica para el uso de tecnologías para el ahorro de energía y agua en la vivienda de interés social en México*. Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

Munksgaard, J., Wier, M., Lenzen, M., & Dey, C. (2005). Using Input-Output analysis to measure the environmental pressure of consumption at different spatial levels. *Journal of Industrial Ecology*, 9(1-2), 169-185.

Musharrafie, A., (2011). Análisis de Ciclo de Vida Ambiental y Desarrollo de una Metodología para la Identificación y Evaluación de Impactos Sociales Mediante Análisis de Ciclo de Vida Aplicado a dos tecnologías de tratamiento de aguas residuales en México. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.

Nápoles, P. R. (2011). Estimación de los costos relativos de las emisiones de gases de efecto invernadero en las ramas de la economía mexicana. *El Trimestre Económico*, 78(309), 173-191.

Nolasco, H., (2010). Dispositivo ahorrador de gas LP. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Norman, J., MacLean, H. L., & Kennedy, C. A. (2006). Comparing high and low residential density: life-cycle analysis of energy use and greenhouse gas emissions. *Journal of urban planning and development*, 132(1), 10-21.

Noyola, A., Morgan, J., Güereca, L., (2013). Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. Guía de apoyo para ciudades pequeñas y medianas. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto de Ingeniería (II).

Olgay, V. Olgay (1963). *Design with Climate Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*.

Onat, N. C., Kucukvar, M., & Tatari, O. (2014). Scope-based carbon footprint analysis of US residential and commercial buildings: an input-output hybrid life cycle assessment approach. *Building and Environment*, 72, 53-62.

Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE). (2015). *Urban Policy Reviews: Mexico - Transforming Urban Policy and Housing Finance*. <http://www.oecd.org/gov/sintesis-del-estudio-mexico.pdf>

Ortiz, E., (2008). Vivienda más allá de sus paredes: Planificación para un habitat asequible y sostenible. *Hábitat Internacional Coalición*. 52do. Congreso Mundial de Planificación y Vivienda de la IFHP. San Juan de Puerto Rico.

Ortiz, O., Bonnet, C., Bruno, J. C., & Castells, F. (2009). Sustainability based on LCM of residential dwellings: a case study in Catalonia, Spain. *Building and Environment*, 44(3), 584-594.

Östblom, G. (1998). The environmental outcome of emissions-intensive economic growth: a critical look at official growth projections for Sweden up to the year 2000. *Economic Systems Research*, 10(1), 19-30.

Papathanasopoulou, E. (2010). Household consumption, associated fossil fuel demand and carbon dioxide emissions: the case of Greece between 1990 and 2006. *Energy Policy*, 38(8), 4152-4162.

Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Energy and buildings*, 40(3), 394-398.

- Perkins, A., Hamnett, S., Pullen, S., Zito, R., & Trebilcock, D. (2009). Transport, housing and urban form: the life cycle energy consumption and emissions of city centre apartments compared with suburban dwellings. *Urban Policy and Research*, 27(4), 377-396.
- Peters, G. P., & Hertwich, E. G. (2006). Pollution embodied in trade: The Norwegian case. *Global Environmental Change*, 16(4), 379-387.
- Peuportier, B. L. P. (2001). Life cycle assessment applied to the comparative evaluation of single family houses in the French context. *Energy and buildings*, 33(5), 443-450.
- Pírez, P. (2014). La mercantilización de la urbanización. A propósito de los " conjuntos urbanos" en México. *Estudios demográficos y urbanos*, 29(3), 481-512.
- Price, L., Michaelis, L., Worrell, E., & Khrushch, M. (1998). Sectoral trends and driving forces of global energy use and greenhouse gas emissions. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 3(2-4), 263-319.
- Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. (ONU-Hábitat). (2012). Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe: Rumbo a una nueva transición urbana.
- Programa Especial de Producto y Consumo Sustentable (PEPyCS). (2013). Plan de Desarrollo (PND) 2013 – 2018. Gobierno de la Republica.
- Puebla, C., (2002). Del intervencionismo estatal a las estrategias facilitadoras. Cambios en la política de vivienda en México. El Colegio de México.
- Pullen, S., Holloway, D., Randolph, B. & Troy, P. (2006) Energy profiles of selected residential developments in Sydney with special reference to embodied energy, Proceedings of the Australian & New Zealand Architectural Science Association (ANZAScA) 40th Annual Conference, 22–25 November.
- Reiter, S. (2010, July). Life Cycle Assessment of Buildings—A review. In Proceedings of The Sustainability Workshop and Third Plenary Meeting, Brussels, Belgium (pp. 1-19).
- Salingaros, N. A. (2007). La ciudad compacta sustituye a la dispersión. In *La ciudad de baja densidad: Lógicas, gestión y contención* (pp. 481-498). Diputació Provincial de Barcelona.
- Sánchez, J., et al., (2012). La vivienda social en México. Pasado, presente y futuro? Sistema Nacional de Creadores de Arte Emisión.
- Santoyo-Castelazo, E., Gujba, H., & Azapagic, A. (2011). Life cycle assessment of electricity generation in Mexico. *Energy*, 36(3), 1488-1499.
- Säynäjoki, A., Heinonen, J., Junnila, S., & Horvath, A. (2017). Can life-cycle assessment produce reliable policy guidelines in the building sector?. *Environmental Research Letters*, 12(1), 013001.
- Sbci, U. N. E. P. (2009). Buildings and climate change: Summary for decision-makers. United Nations Environmental Programme, Sustainable Buildings and Climate Initiative, Paris, 1-62.

- Scheuer, C., Keoleian, G. A., & Reppe, P. (2003). Life cycle energy and environmental performance of a new university building: modeling challenges and design implications. *Energy and buildings*, 35(10), 1049-1064.
- Secretaria de Energia (SENER). (2011). Indicadores de eficiencia energética en México: 5 sectores, 5 retos. México, 2001.
- Secretaria Distrital de Ambiente (SDA). (2017). <http://ambientebogota.gov.co/cs/que-es-un-inventario-de-gases-efecto-invernadero#sthash.Zpk6pEmc.dpuf>
- SEDESOL, I. CONAPO. 2012. Delimitación de las zonas metropolitanas en México 2010.
- Shirley, R., Jones, C., & Kammen, D. (2012). A household carbon footprint calculator for islands: Case study of the United States Virgin Islands. *Ecological Economics*, 80, 8-14.
- Singh, A., Berghotn, G., Joshi, S., & Syal, M. (2011). Review of Life – Cycle Assessment Applications in Building Construction. *Journal Of Architectural Eninring*, Vol. 17, Pág. 1,15 – 23.
- Singh, M. (2013). Buildings and Climate Change. *Journal of Energy, Environment & Carbon Credits*, 61-67.
- Spulber N. y K.M. Dadkhah. (1975). The Pioneering Stage in Input-Output Economics: The Soviet National Economic Balance 1923-24, After Fifty Years, *The Review of Economics and Statistics*, 57: 27-34.
- Su, B., & Ang, B. W. (2013). Input–output analysis of CO 2 emissions embodied in trade: competitive versus non-competitive imports. *Energy Policy*, 56, 83-87.
- Suh, S., & Huppes, G. (2002). Missing inventory estimation tool using extended input-output analysis. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 7(3), 134-140.
- Suh, S., (2004). Functions, commodities and environmental impacts in an ecological – economic model. *Journal Ecological Economics*, Vol. 48, Pág. 451 -467.
- Suh, S., & Huppes, G. (2005). Methods for life cycle inventory of a product. *Journal of Cleaner Production*, 13(7), 687-697.
- Suppen, N., Argüello, T., (2011). Una breve crónica del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) en el sector de construcción en México. Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable (CASDIS), Facultad de arquitectura de la Universidad Autónoma de Chiapas, Integrantes del C.A. Componentes y Condicionantes de la Vivienda (COCOVI).
- The World Steel Association (worldsteel). (2015). Steel’s contribution to a low carbon future and climate resilient societies - worldsteel position paper.
- Tatari, O., Kucukvar, M., & Onat, N. C. (2015, February). Towards a Triple Bottom Line Life Cycle Sustainability Assessment of Buildings. In *Science for Sustainable Construction and Manufacturing Workshop Volume I. Position Papers and Findings* (p. 226).

- Tian, X., Chang, M., Lin, C., & Tanikawa, H. (2014). China's carbon footprint: a regional perspective on the effect of transitions in consumption and production patterns. *Applied Energy*, 123, 19-28.
- Torres, R. (2006). *La Producción Social de Vivienda en México, su importancia Nacional y su impacto en la economía de los hogares pobres*. Coalición Internacional para el Hábitat, Oficina Regional para América Latina (HIC – AL).
- Treloar, G., Fay, R., Love, P. E. D., & Iyer-Raniga, U. (2000). Analysing the life-cycle energy of an Australian residential building and its householders. *Building Research & Information*, 28(3), 184-195.
- Troy, P., Holloway, D., Pullen, S. & Bunker, R. (2003) Embodied and operational energy consumption in the city, *Urban Policy and Research*, 21(1), pp. 9–44.
- Tsai, Y. H. (2005). Quantifying urban form: compactness versus sprawl. *Urban studies*, 42(1), 141-161.
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (2012), *México perfil del sector de la vivienda*. Coordinación de Humanidades. Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad.
- Usón, A. A., Usón, J. A. A., & Bribián, I. Z. (2010). *Ecodiseño y Analisis de Ciclo de Vida (Vol. 178)*. Universidad de Zaragoza.
- Van den Berg, L., Drewett, R., Klaasen, L. H., Rossi, A., & Vijverberg, C. H. (1982). *Urban Europe: A study of growth and decline*.
- Vassalli, C. P., & Yescas Sánchez, M. (2009). Producción masiva de vivienda en Ciudad de México: dos políticas en debate Massive housing production in Mexico City: debating two policies. *Revista de la Organización Latinoamericana y del Caribe de Centros Históricos*, 3, 15-26.
- Wiedmann, T. (2009). A review of recent multi-region input–output models used for consumption-based emission and resource accounting. *Ecological Economics*, 69(2), 211-222.
- Wiedmann, T., Lenzen, M., Turner, K., & Barrett, J. (2007). Examining the global environmental impact of regional consumption activities—Part 2: Review of input–output models for the assessment of environmental impacts embodied in trade. *Ecological economics*, 61(1), 15-26.
- Williams, E. D., Weber, C. L., & Hawkins, T. R. (2009). Hybrid framework for managing uncertainty in life cycle inventories. *Journal of Industrial Ecology*, 13(6), 928-944.
- Worrell, E., Price, L., & Martin, N. (2001). Energy efficiency and carbon dioxide emissions reduction opportunities in the US iron and steel sector. *Energy*, 26(5), 513-536.
- Ziccardi, A., & Gonzalez Reynoso, A. (2012). *México: perfil del sector de la vivienda*

